LIPPINCOTT

NEUROANATOMÍA DE BOLSILLO

Douglas J. Gould

Wolters Kluwer Health

LIPPINCOTT

NEUROANATOMÍA DE BOLSILLO

Douglas J. Gould, PhD
Professor and Vice Chair
Oakland University William Beaumont School of Medicine
Departament of Biomedical Sciences
Rochester, Michigan

Wolters Kluwer
Health
Philadelphia • Baltimore • New York • London
Buenos Aires • Hong Kong • Sydney • Tokyo

Av. Carrilet, 3, 9.ª planta – Edifici D
08902 L'Hospitalet de Llobregat. Barcelona (España)
Tel.: 93 344 47 18
Fax: 93 344 47 16
e-mail: lwwespanol@wolterskluwer.com

Traducción
Luz María Méndez Alvarez
Licenciada en Químico Farmacéutico Biólogo y Licenciada en Psicología por la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco
Dedicada a la clínica y la investigación en psicoanálisis y cultura

Revisión científica
Jorge Alfredo Gerardo García Tay
Médico especialista en Cirugía General, Salud y Bienestar Corporativo, Maestría en Dirección de Instituciones de Salud.
Profesor titular de Anatomía y Neuroanatomía Universidad Nacional Autónoma de México.
Profesor titular de Neuroanatomía y Neurofisiología Universidad la Salle.
Profesor titular de Anatomía y Cirugía Universidad Westhill.

Se han adoptado las medidas oportunas para confirmar la exactitud de la información presentada y describir la práctica más aceptada. No obstante, los autores, los redactores y el editor no son responsables de los errores u omisiones del texto ni de las consecuencias que se deriven de la aplicación de la información que incluye, y no dan ninguna garantía, explícita o implícita, sobre la actualidad, integridad o exactitud del contenido de la publicación. Esta publicación contiene información general relacionada con tratamientos y asistencia médica que no debería utilizarse en pacientes individuales sin antes contar con el consejo de un profesional médico, ya que los tratamientos clínicos que se describen no pueden considerarse recomendaciones absolutas y universales.

El editor ha hecho todo lo posible para confirmar y respetar la procedencia del material que se reproduce en este libro y su copyright. En caso de error u omisión, se enmendará en cuanto sea posible. Algunos fármacos y productos sanitarios que se presentan en esta publicación sólo tienen la aprobación de la *Food and Drug Administration* (FDA) para un uso limitado al ámbito experimental. Compete al profesional sanitario averiguar la situación de cada fármaco o producto sanitario que pretenda utilizar en su práctica clínica, por lo que aconsejamos la consulta con las autoridades sanitarias competentes.

Derecho a la propiedad intelectual (C. P. Art. 270)
Se considera delito reproducir, plagiar, distribuir o comunicar públicamente, en todo o en parte, con ánimo de lucro y en perjuicio de terceros, una obra literaria, artística o científica, o su transformación, interpretación o ejecución artística fijada en cualquier tipo de soporte o comunicada a través de cualquier medio, sin la autorización de los titulares de los correspondientes derechos de propiedad intelectual o de sus cesionarios.

Reservados todos los derechos.
Copyright de la edición en español © 2014 Wolters Kluwer Health, S.A., Lippincott Williams & Wilkins
ISBN edición en español: 978-84-16004-11-9
Depósito legal: M-35410-2013

Edición en español de la obra original en lengua inglesa *Pocket Neuroanatomy*, publicada por
Lippincott Williams & Wilkins Copyright © 2014 Lippincott Williams & Wilkins
Two Commerce Square
2001 Market Street
Philadelphia, PA 19103

ISBN edición original: 978-14-51176-12-4
Composición: Doctores de Palabras, S.A. de C. V.
Impresión: R.R. Donnelley-Shenzhen
Impreso en China

Dedico este libro a mi maravillosa familia: Marie, Maggie y Lulu, por todo el amor, ayuda y paciencia incondicionales que me ofrecen cada día de mi vida.

PREFACIO

En todo el mundo, el currículo de los profesionales de la salud está en continua evolución: nuevos descubrimientos, técnicas, aplicaciones y áreas de contenido compiten por un tiempo cada vez más limitado con los temas de las ciencias básicas. Es en este contexto que los fundamentos que se establecen en las ciencias básicas son cada vez más importantes y relevantes para absorber y aplicar nuestro conocimiento en continua expansión sobre el cuerpo humano. Como resultado de un panorama con un currículo cada vez más nutrido, los estudiantes y los instructores están hallando nuevas formas de maximizar el contacto, la preparación y el tiempo de estudio con métodos de estudio más eficientes y de alto nivel.

Lippincott. Neuroanatomía de bolsillo, como parte de la Serie de Bolsillo de Lippincott para las ciencias anatómicas, está diseñado para el estudiante que tiene el tiempo justo. La presentación de la neuroanatomía en forma de tablas con imágenes etiquetadas proporciona una guía muy útil para el estudio y para la preparación de exámenes por su alto contenido visual y temático. Este libro de neuroanatomía, con formato de bolsillo y consulta rápida, es fácil de transportar, práctico y necesario; aun en este tamaño tan pequeño, no se ha omitido nada y se ofrece un gran número de observaciones clínicas y conceptos fáciles de aprender para complementar las tablas e informar al lector.

Tengo la certeza de que *Lippincott. Neuroanatomía de bolsillo*, junto con otros libros de la Serie de Bolsillo sobre ciencias anatómicas, serán de gran beneficio para los estudiantes que intentan aprender conceptos relevantes desde el punto de vista clínico en varios aspectos, incluidos los programas de ciencias de la salud de graduados y profesionales.

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer a los revisores estudiantes y académicos por su contribución a este texto, lo cual ayudó a construir una herramienta de aprendizaje y de enseñanza de alta eficiencia. Espero haber logrado el objetivo de retribuir su esfuerzo y crear una herramienta de aprendizaje útil para todos.

CONTENIDO

Prefacio

Agradecimientos

CAPÍTULO 1 Generalidades del sistema nervioso

CAPÍTULO 2 El sistema sensitivo

CAPÍTULO 3 Sistema motor

CAPÍTULO 4 Sistema límbico

CAPÍTULO 5 Sentidos químicos

CAPÍTULO 6 Sistema visual

CAPÍTULO 7 Sistemas auditivo y vestibular

CAPÍTULO 8 Corteza cerebral

Índice alfabético de materias

Generalidades del sistema nervioso 1

ANATOMÍA

Orientación

La terminología neuroanatómica de orientación se comparte con otros vertebrados (p. ej., peces). Sin embargo, debido a que caminamos en posición vertical, cuando consideramos la médula espinal, el término *anterior* es más apropiado que *ventral*, y *posterior* más apropiado que *dorsal*. La terminología difiere en la **flexura cefálica**, punto en el que el encéfalo cambia la orientación con respecto a la médula espinal de modo que los seres humanos miran hacia el frente y no hacia el cielo (FIG. 1-1).

TERMINOLOGÍA DE ORIENTACIÓN

Encéfalo	Médula espinal
Anterior/rostral	Anterior/ventral
Superior/dorsal	Superior/rostral/craneal
Inferior/ventral	Inferior/caudal
Posterior/caudal	Posterior/dorsal

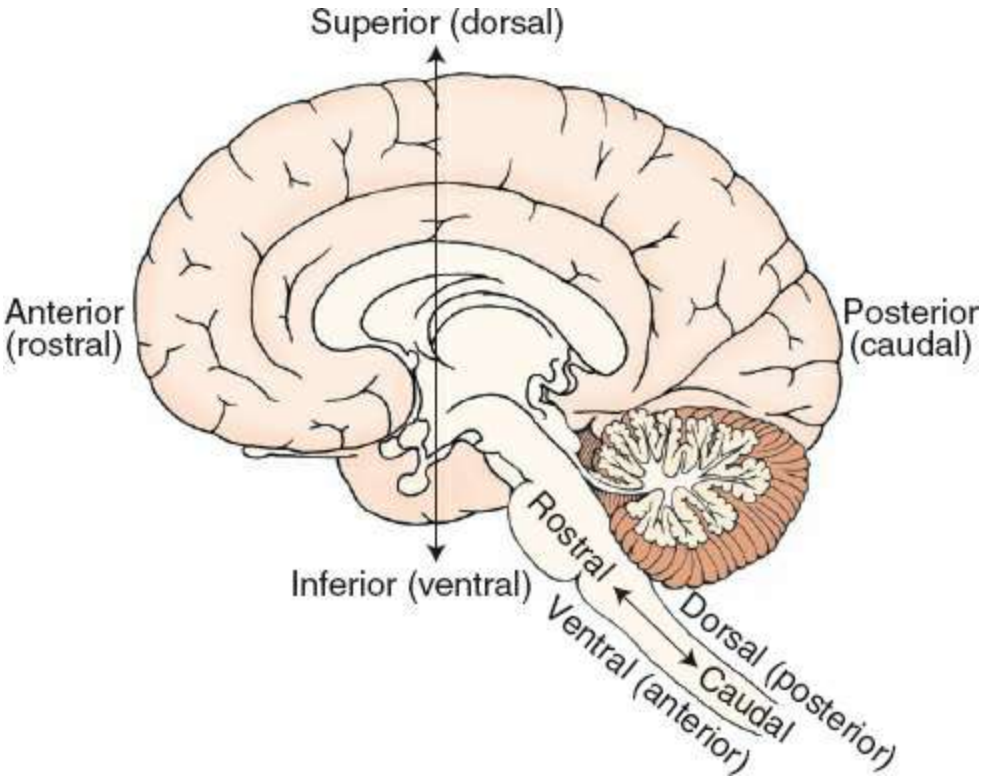


Figura 1-1. Términos de orientación.

Sistema nervioso central

El sistema nervioso central (SNC) se compone del encéfalo y de la médula espinal.

DIVISIONES DEL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL		
Parte	**División**	**Componentes**
Encéfalo	Telencéfalo	Hemisferios cerebrales Núcleos basales
	Diencéfalo	Epitálamo Tálamo dorsal Hipotálamo Subtálamo
	Tallo cerebral	Mesencéfalo Puente Médula
	Cerebelo	Lóbulos anterior, posterior y floculonodular
Médula espinal	Una unidad funcional	Tractos ascendentes Tractos descendentes Interneuronas

Los dos hemisferios cerebrales están separados por la **fisura longitudinal** y la **hoz del cerebro** (formada de duramadre), y están conectados por una gran comisura de sustancia blanca, el **cuerpo calloso**.

Hemisferios cerebrales

Los hemisferios cerebrales están divididos en seis lóbulos (FIGS. 1-2 a 1-4).

Estructura	Descripción	Relevancia
Lóbulo frontal	Se encuentra dentro de la **fosa craneal anterior**, frente al **surco central** y superior a la **fisura lateral** Integrado por: • Giro precentral • Giros frontales superior, medio e inferior • Giro recto y giro orbital	• Contiene la corteza responsable de las funciones mentales superiores (planeación del futuro, personalidad, juicio, comportamiento social) • Incluye las cortezas primarias, suplementarias y premotoras • Contiene el **área motora del lenguaje** (de Broca)

Lóbulo parietal	Se ubica en la zona posterior al surco central, superior al lóbulo temporal y al surco lateral, y anterior al lóbulo occipital Integrado por: • Giro postcentral • Lobulillos parietales superior e inferior • Precuña • Giro supramarginal y giro angular	• Incluye la corteza responsable de la integración y de la orientación sensorial, espacial, visual y auditiva • Contiene la corteza sensitiva primaria y de asociación
Lóbulo temporal	Se ubica dentro de la **fosa craneal media** anterior al lóbulo occipital e inferior al surco lateral Integrado por: • Giros temporales superior, medio e inferior	• Contiene la corteza auditiva primaria y secundaria • Incluye la corteza asociada a la comprensión del lenguaje (antes llamada **área de Wernicke**)
Lóbulo occipital	Se ubica dentro de la **fosa craneal posterior** detrás del lóbulo parietal (su límite es poco claro pero se pueden tomar como referencias la escotadura preoccipital o el surco parietooccipital) Integrado por: • Giros cuneiforme y lingual (vista medial)	• Contiene la corteza visual primaria y secundaria

Sistema (lóbulo) límbico	Se ubica en la cara medial de los hemisferios cerebrales
	Integrado por:
	• Partes de los lóbulos frontal, parietal y temporal
	• Giros cingular y parahipocámpico
		• El área funcional se asoció a la consolidación de la memoria y a la emoción
		• Dividido funcionalmente en:
		  • Formación hipocámpica
		  • Corteza límbica
		  • Complejo amigdalino

Lóbulo de la ínsula	Profundo al surco lateral, oculto por el opérculo frontal, parietal y temporal. Formado por circunvoluciones cortas y largas; delimitado por un surco circular y un surco central	• Control de vísceras por el sistema nervioso autonómico. Relación con la corteza gustativa y olfatoria

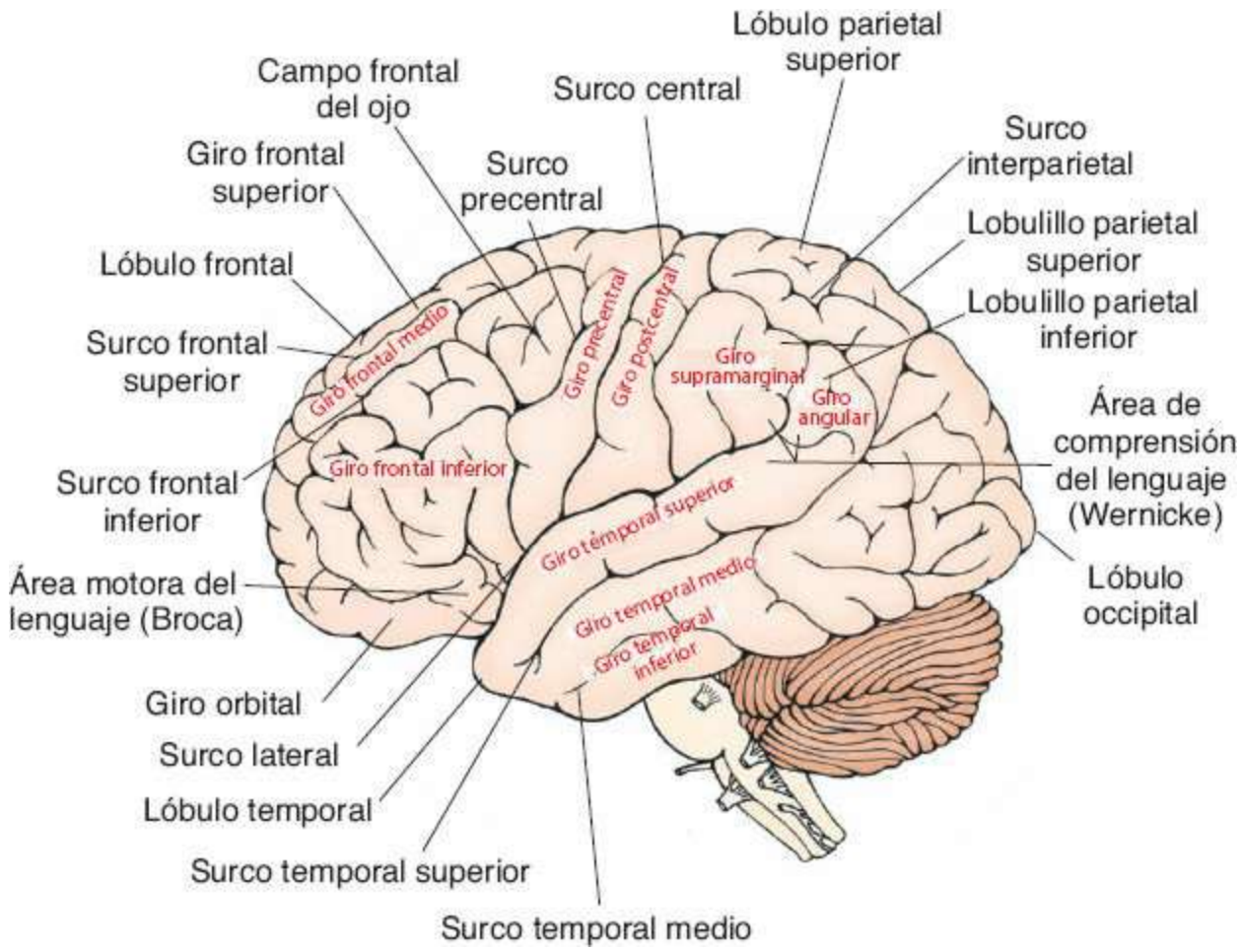


Figura 1-2. Giros y surcos principales.

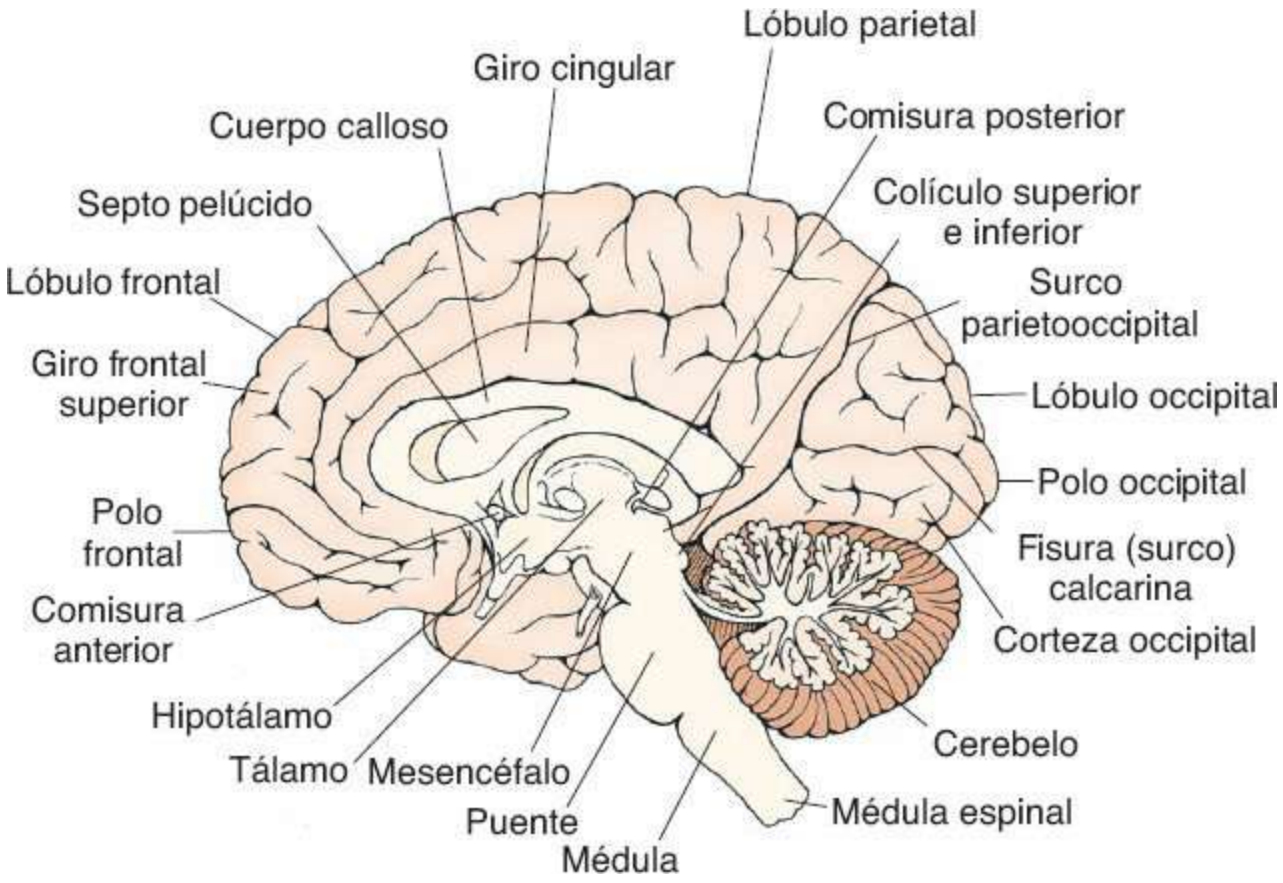


Figura 1-3. Plano medio sagital del encéfalo.

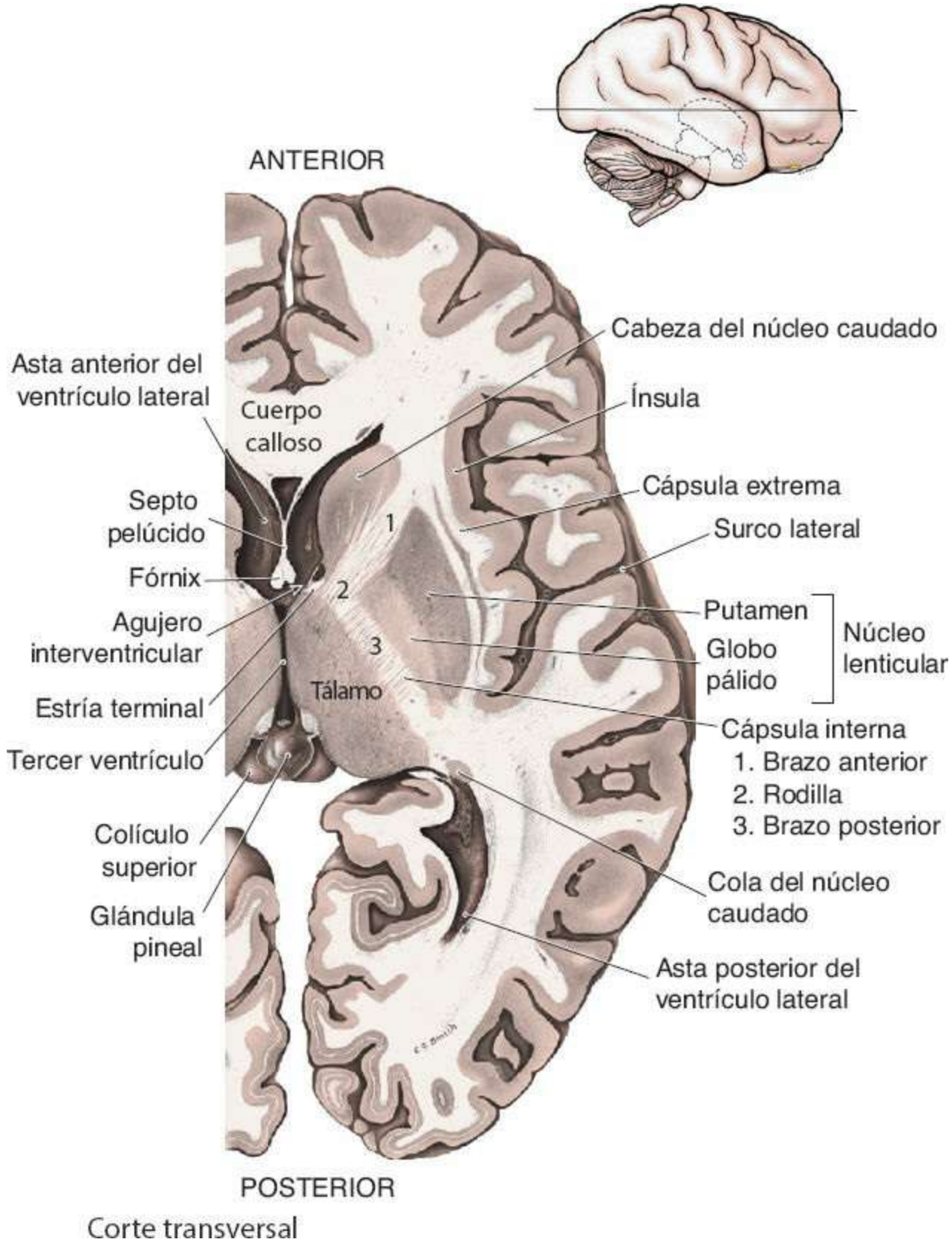


Figura 1-4. Corte transversal del diencéfalo.

VÍAS FIBROSAS ASOCIADAS CON EL CEREBRO

Estructura	Descripción	Relevancia
Cápsula interna	• Gran comisura de sustancia blanca en forma de embudo, que conecta la corteza cerebral con los centros inferiores • Se localiza entre el tálamo y los núcleos basales • Continúa en la parte inferior con los **pedúnculos cerebrales** y en la parte superior con la **corona radiada**	• Dividida en cinco partes: 1. Brazo anterior: conecta el tálamo anterior-giro cingular y el núcleo dorsomedial con la corteza prefrontal 2. Brazo posterior: conecta la corteza motora con los núcleos ventral anterior y ventral lateral del tálamo 3. Rodilla: mezcla de fibras de los brazos anteriores y posteriores 4. Sublenticular: contiene las **radiaciones auditivas** desde el núcleo geniculado medial del tálamo hacia la corteza auditiva 5. Retrolenticular: contiene las **radiaciones ópticas** desde el núcleo geniculado lateral del tálamo hacia la corteza visual
Fascículo longitudinal superior	• Conecta las caras anterior y posterior de cada hemisferio • La parte inferior conecta las áreas de Broca y de Wernicke: **fascículo arcuato**	La lesión del fascículo arcuato se asocia con la **afasia de conducción**
Fascículo longitudinal inferior	Conecta los lóbulos occipital y temporal	Parte del fascículo occipitotemporal más grande
Cuerpo calloso	Gran comisura de sustancia blanca que conecta los hemisferios cerebrales derecho e izquierdo	Dividido en un pico (rostro), una rodilla, un cuerpo y un rodete (esplenio)
Comisura anterior	Conecta los lóbulos temporales derecho e izquierdo	Marca el extremo anterior del diencéfalo
Fascículo uncinado	Conecta los lóbulos temporal y frontal	Asociado sobre todo al sistema límbico, conecta las estructuras límbicas del lóbulo temporal con la corteza orbitofrontal
Cíngulo	Gran vía de sustancia blanca que conecta partes de la corteza límbica	Se localiza dentro del giro cingular y parahipocámpico

Conceptos complementarios

Las vías fibrosas de sustancia blanca que conectan las áreas corticales dentro de un hemisferio se conocen como *tractos* o *haces de asociación*; las que conectan los hemisferios son las *comisurales*.

Núcleos basales

Núcleos subcorticales del telencéfalo que se asocian con el sistema motor.

Estructura	Descripción	Relevancia
Caudado	• Junto con el putamen, forma el **neoestriado** • Parte más medial del cuerpo estriado	• Conexiones numerosas con la corteza de asociación cerebral (es decir, corteza prefrontal) • Aspectos cognitivos del movimiento
Putamen	• Junto con el caudado forma el **neoestriado** • Parte más lateral del cuerpo estriado	• Forma la parte externa del **núcleo lenticular** junto con el globo pálido • La mayor parte de la entrada (*input*) cerebral orientada a lo motor en los núcleos basales se dirige hacia el putamen
Globo pálido	• Localizado en la parte media del núcleo lenticular • Dividido en parte externa e interna	• La parte externa recibe la entrada del estriado y las salidas (*output*) van principalmente hacia el núcleo subtalámico • La parte interna recibe aferentes del núcleo subtalámico y del estriado y se proyecta hacia el tálamo
Núcleo subtalámico	• Parte del diencéfalo • Componente clave de la **vía indirecta** a través del sistema nigroestriado	• Recibe aferentes del segmento externo del globo pálido • Proyecta eferentes excitatorios al segmento interno del globo pálido

Conceptos complementarios

Ganglios Basales

Los núcleos basales se conocen a menudo como *ganglios basales*. Sin embargo, como

son cúmulos de cuerpos neuronales que se localizan dentro del SNC, *núcleos basales* es el término más apropiado.

El término *neoestriado* se abrevia a menudo como *estriado* (o *estriado dorsal*) en el uso común.

TERMINOLOGÍA ASOCIADA CON LOS NÚCLEOS BASALES

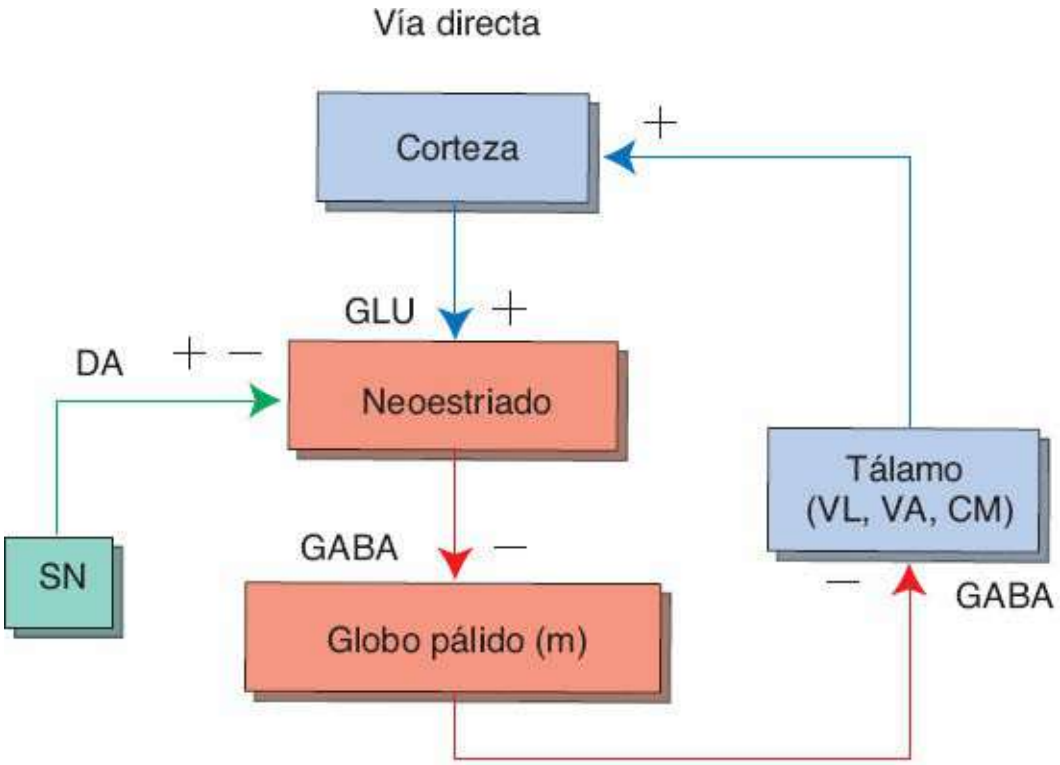
Término	Estructuras incluidas
Cuerpo estriado	Caudado, putamen y globo pálido
Neoestriado o estriado (dorsal)	Caudado y putamen
Pálido	Globo pálido (ambas partes)
Núcleo lentiforme o lenticular	Putamen y globo pálido

RED DE FIBRAS ASOCIADAS CON LOS NÚCLEOS BASALES		
Estructura	**Descripción**	**Relevancia**
Asa lenticular	• Vía eferente de la fibra que parte del segmento interno del globo pálido	Forma una asa alrededor de la **cápsula interna** para unirse al **fascículo talámico**
Fascículo lenticular	• Influencia inhibitoria de la transmisión hacia el núcleo lateral ventral del tálamo	Pasa a través de la cápsula interna para unirse al fascículo talámico
Fascículo talámico	Vía fibrosa que contiene las fibras combinadas del asa y del fascículo lenticulares, así como proyecciones desde el cerebelo	• Las fibras de los núcleos basales hacen sinapsis sobre el núcleo ventral lateral del tálamo • Las fibras del cerebelo hacen sinapsis sobre el núcleo ventral anterior del tálamo
Vía nigroestriada	Vía fibrosa que se proyecta desde la **porción compacta** de la **sustancia negra** hacia el estriado	La dopamina en el estriado proveniente de la sustancia negra modifica la actividad a través de los núcleos basales
Vía estriadonigral	Vía fibrosa que se proyecta desde el estriado hacia la sustancia negra	Los eferentes del estriado a la sustancia negra liberan ácido γ-aminobutírico (GABA) para disminuir la salida a partir de la sustancia negra

Conceptos complementarios

Comúnmente se presentan dos vías clásicas que han sido descritas a través de los núcleos basales (FIG. 1-5), aunque debe tomarse en cuenta que las interconexiones de los núcleos y de las estructuras asociadas son más numerosas y complejas de lo que es posible presentar aquí.

Desinhibición: cuando el núcleo es responsable de inhibir la actividad de un segundo núcleo inhibitorio; el resultado final es la actividad o, en este caso, la desinhibición.


Vía directa
Corteza
+
GLU
+
DA
+ —
Neoestriado
Tálamo
(VL, VA, CM)
SN
GABA
—
Globo pálido (m)
—
GABA

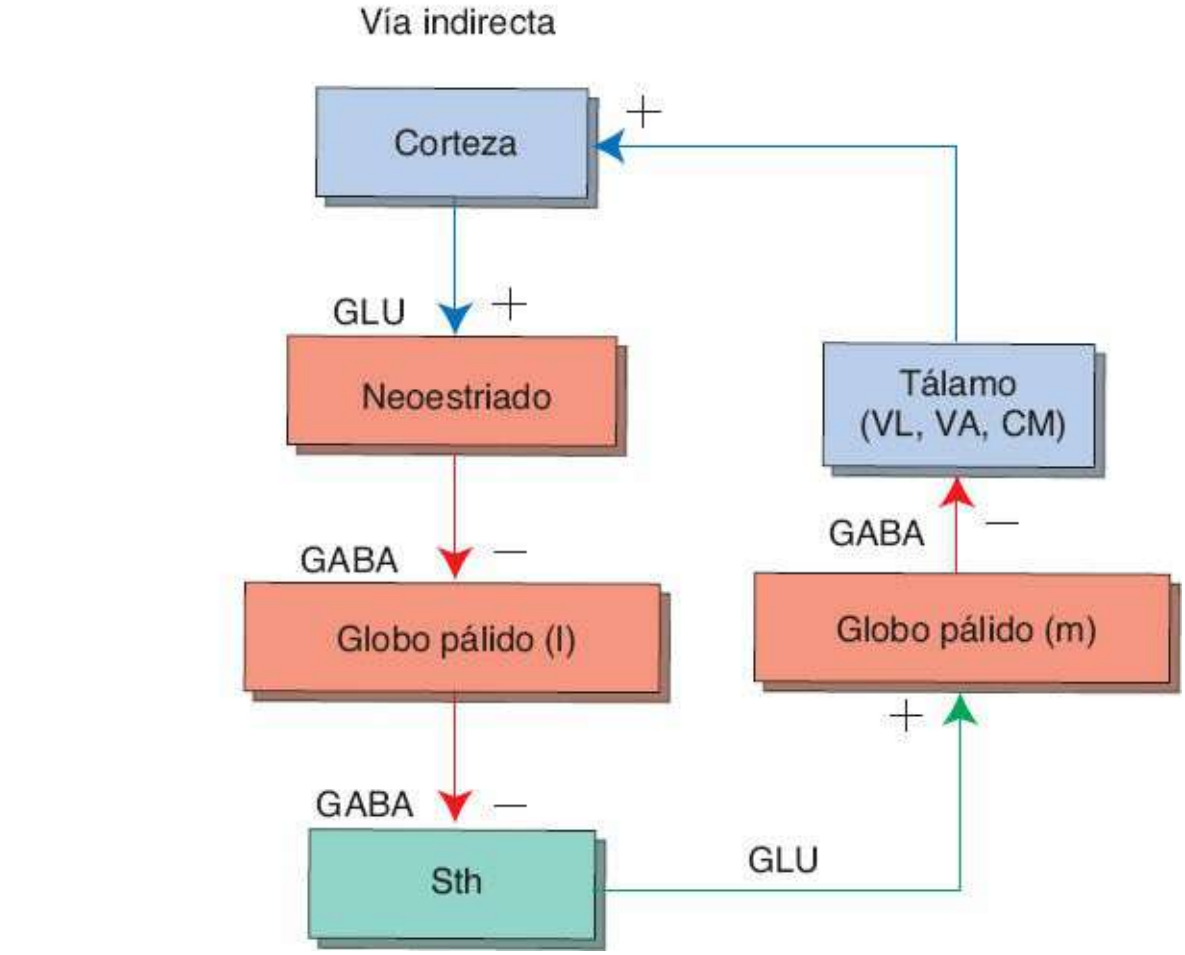

Vía indirecta
Corteza
+
GLU
+
Neoestriado
Tálamo
(VL, VA, CM)
GABA
—
GABA
—
Globo pálido (l)
Globo pálido (m)
+
GABA
—
Sth
GLU

Figura 1-5. Vías directas e indirectas.

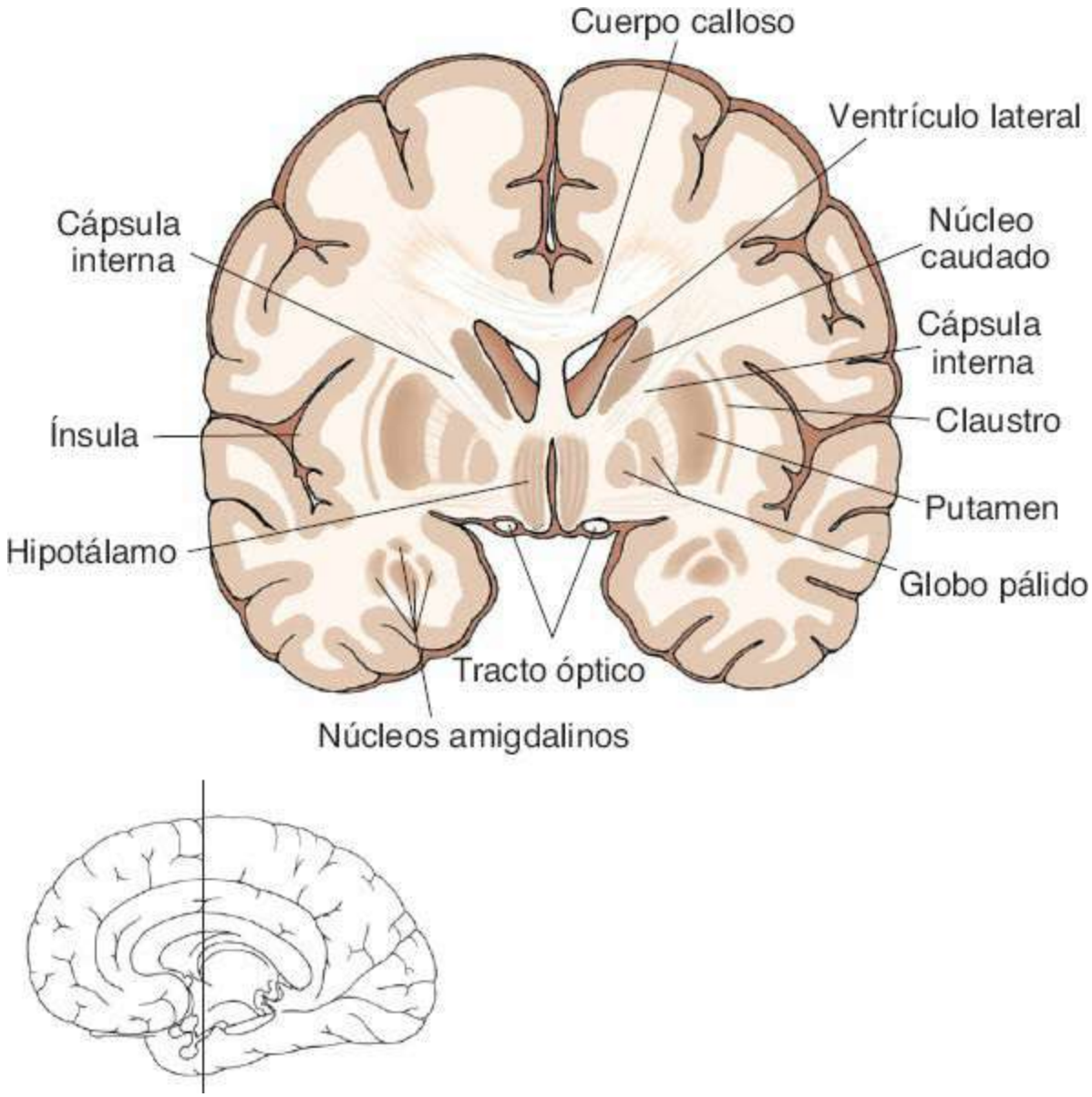


Figura 1-6. Corte frontal a través del diencéfalo.

Diencéfalo

El diencéfalo se localiza inmediatamente craneal con respecto al tallo cerebral (o encefálico) y entre los hemisferios cerebrales (FIG. 1-6).

Estructura	Descripción	Relevancia
Tálamo (dorsal)	• Se extiende al frente a la comisura anterior, hacia abajo al **surco hipotalámico**, y hacia atrás a la comisura posterior • Los tálamos están separados por el tercer ventrículo y se conectan por la adherencia intertalámica	Toda la información sensorial, excepto el olfato (que tiene una conexión indirecta), se conecta con el tálamo a medida que pasa a la corteza cerebral
Hipotálamo	Se extiende hacia arriba hacia el surco hipotalámico	Coordina los comportamientos relacionados con el impulso a través del control del sistema nervioso autónomo y mantiene la homeostasis
Epitálamo	La parte más posterior del diencéfalo	Los componentes primarios son la **glándula pineal** y la **habénula**
Subtálamo	El componente principal es el núcleo subtalámico	Relacionado funcionalmente con los núcleos basales

Tálamo (dorsal)

La parte más grande del diencéfalo, el tálamo dorsal –o, más comúnmente, el tálamo–, consiste en dos grandes grupos ovoides de núcleos interconectados de manera característica por una adhesión intertalámica (FIG. 1-7). Los tálamos reciben la mayor parte de la entrada desde los núcleos basales y toda la entrada sensorial a excepción del olfato (con el cual se conecta de manera indirecta).

Núcleo	Entrada	Salida
Lateral dorsal	Tracto mamilotalámico	Giro cingular
Lateral posterior	Corteza parietal (áreas 1 y 5)	
Ventral anterior	Núcleos basales	Corteza motora (áreas 4 y 6)
Ventral lateral	Núcleos basales, cerebelo y núcleo rojo	
Ventral posterior lateral	Tractos espinotalámicos y lemnisco medial	Corteza sensitiva (áreas 3, 1 y 2)
Ventral posterior medial	Tractos trigeminotalámicos, gusto (núcleo solitario)	
Dorsomedial	Corteza prefrontal y orbital y núcleos intralaminares	Corteza prefrontal y orbital, amígdala y corteza temporal
Medio	Corteza motora (área 4) y globo pálido	Corteza motora (área 4), estriado y se difunde a toda la corteza
Anterior	Hipotálamo vía el tracto mamilotalámico e hipocampo vía el fórnix	Giro cingular
Pulvinar	Corteza de asociación de los lóbulos parietal, occipital y temporal; núcleos geniculados mediales y laterales; y colículo superior	Corteza de asociación de los lóbulos parietal, occipital y temporal
Geniculado medial	Nervio coclear > Colículo inferior	Corteza auditiva primaria (áreas 41 y 42)
Geniculado lateral	Retina > Tracto óptico	Corteza visual primaria (área 17) vía las radiaciones ópticas
Núcleo reticular	Todos los núcleos talámicos	

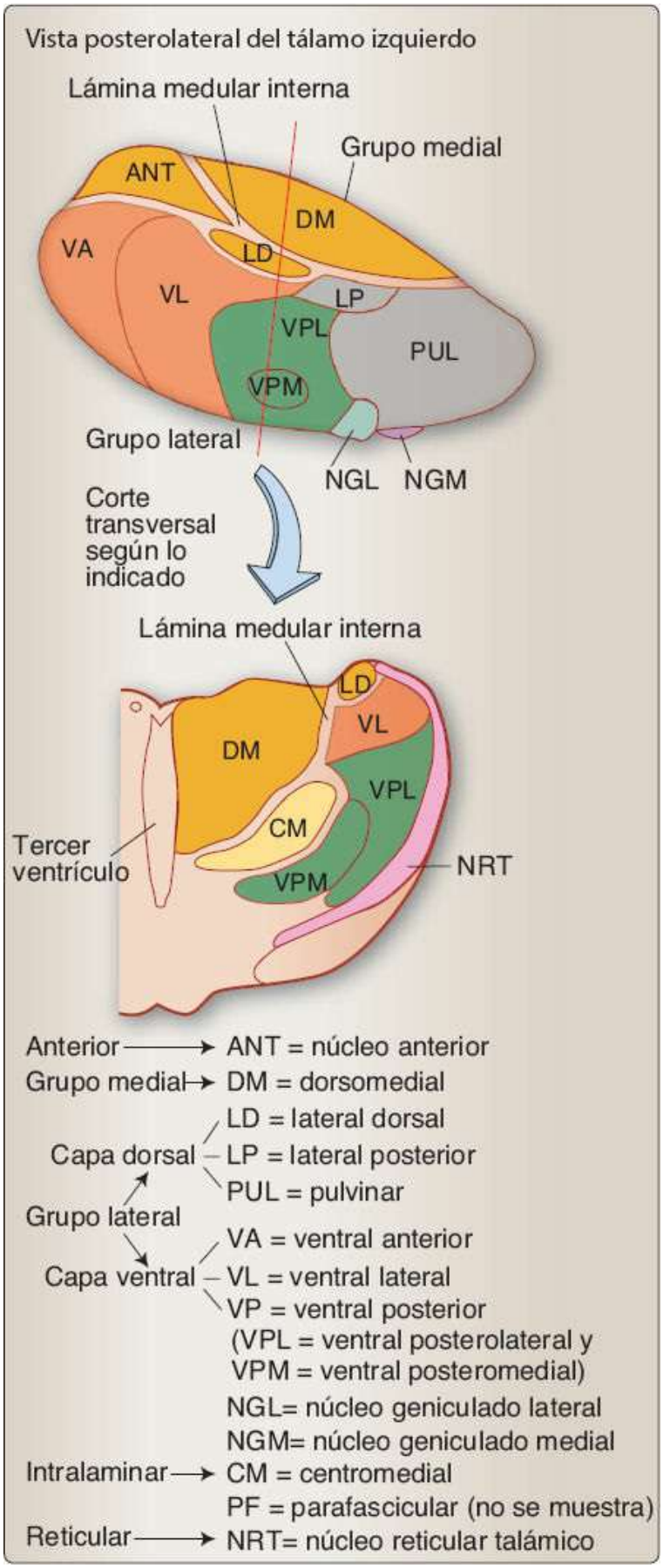

Vista posterolateral del tálamo izquierdo
Lámina medular interna
Grupo medial
ANT
DM
VA
LD
VL
LP
VPL
PUL
VPM
Grupo lateral
NGL
NGM
Corte transversal según lo indicado
Lámina medular interna
LD
VL
DM
VPL
CM
Tercer ventrículo
NRT
VPM
Anterior → ANT = núcleo anterior
Grupo medial → DM = dorsomedial
Capa dorsal — LD = lateral dorsal
LP = lateral posterior
PUL = pulvinar
Grupo lateral
Capa ventral — VA = ventral anterior
VL = ventral lateral
VP = ventral posterior
(VPL = ventral posterolateral y
VPM = ventral posteromedial)
NGL= núcleo geniculado lateral
NGM= núcleo geniculado medial
Intralaminar → CM = centromedial
PF = parafascicular (no se muestra)
Reticular → NRT= núcleo reticular talámico

Figura 1-7. El tálamo.

Hipotálamo

El hipotálamo es la porción más inferior del diencéfalo. Funciona en conjunto con el sistema endocrino para mantener la homeostasis y gobierna las actividades del sistema nervioso autónomo. Se divide en una serie de regiones que contienen una variedad de núcleos (FIG. 1-8). También se divide en zonas intermedias y laterales.

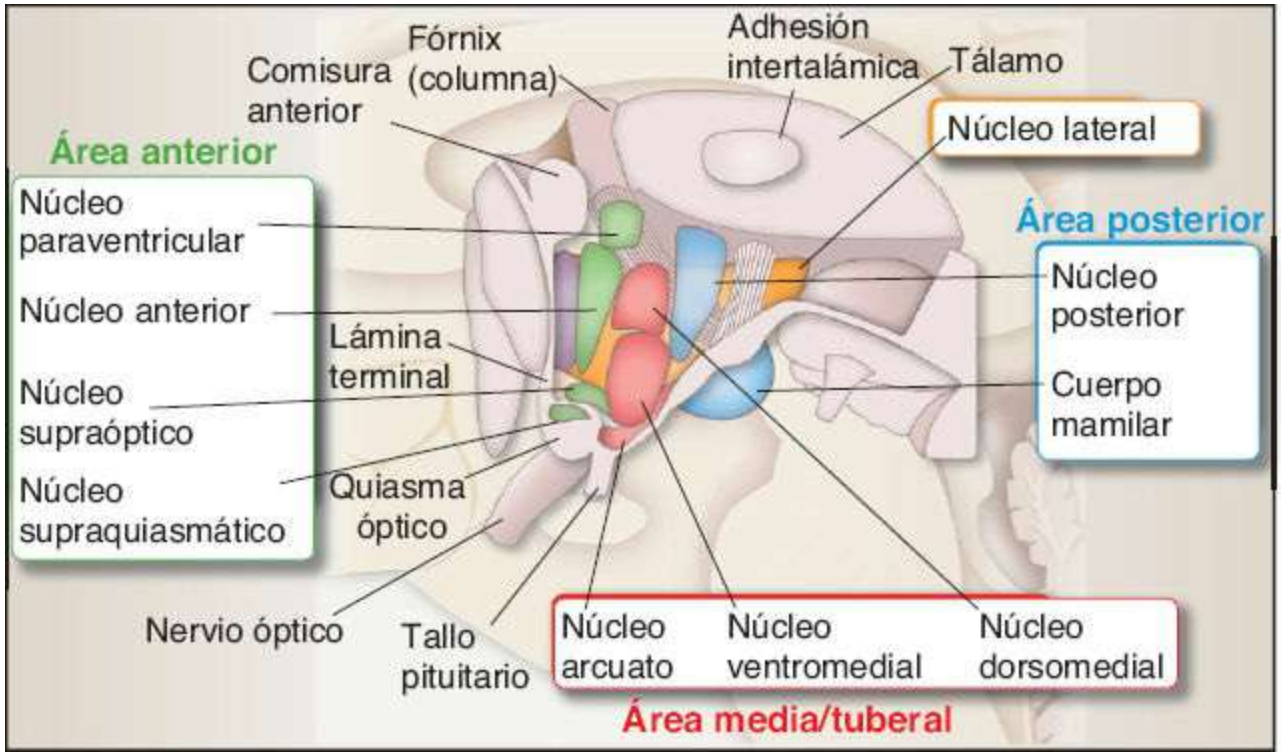


Figura 1-8. Los núcleos hipotalámicos.

Región	Zona	Núcleo	Función
Anterior	Medial	Preóptico	Contiene el **núcleo sexual dimorfo**; regula la liberación de hormonas gonadotropas; actividad para-simpática
		Supraóptico	Secreta oxitocina y vasopresina
		Paraventricular	Secreta oxitocina y vasopresina (porción magnocelular); secreta la hormona liberadora de cortico-tropina (porción parvocelular)
		Anterior	Implicada en la termorregulación; su destrucción causa hipotermia; papel en la regulación del sueño
		Supraquiasmático	Desempeña un papel en los ritmos circadianos (conexión con la glándula pineal)
	Lateral	Núcleos laterales	Inicia la acción de comer y beber
Media o tuberal	Medial	Dorsomedial	Desempeña un papel en los ritmos circadianos, la alimentación y las emociones
		Ventromedial	Centro de la saciedad
		Arcuato	Secreta la hormona que libera la hormona del crecimiento
	Lateral	Núcleos laterales	Inicia actos de comer y beber
Posterior	Medial	Cuerpos mamilares	Consolidación de la memoria
		Núcleo posterior	Centro de la conservación del calor, despertar, vigilia
	Lateral	Núcleos laterales	Inicia la acción de comer y de beber

Conceptos complementarios

En términos generales, las caras anterior y medial del hipotálamo desempeñan un papel más "parasimpático", y las caras posterior y laterales tienen una función más "simpática".

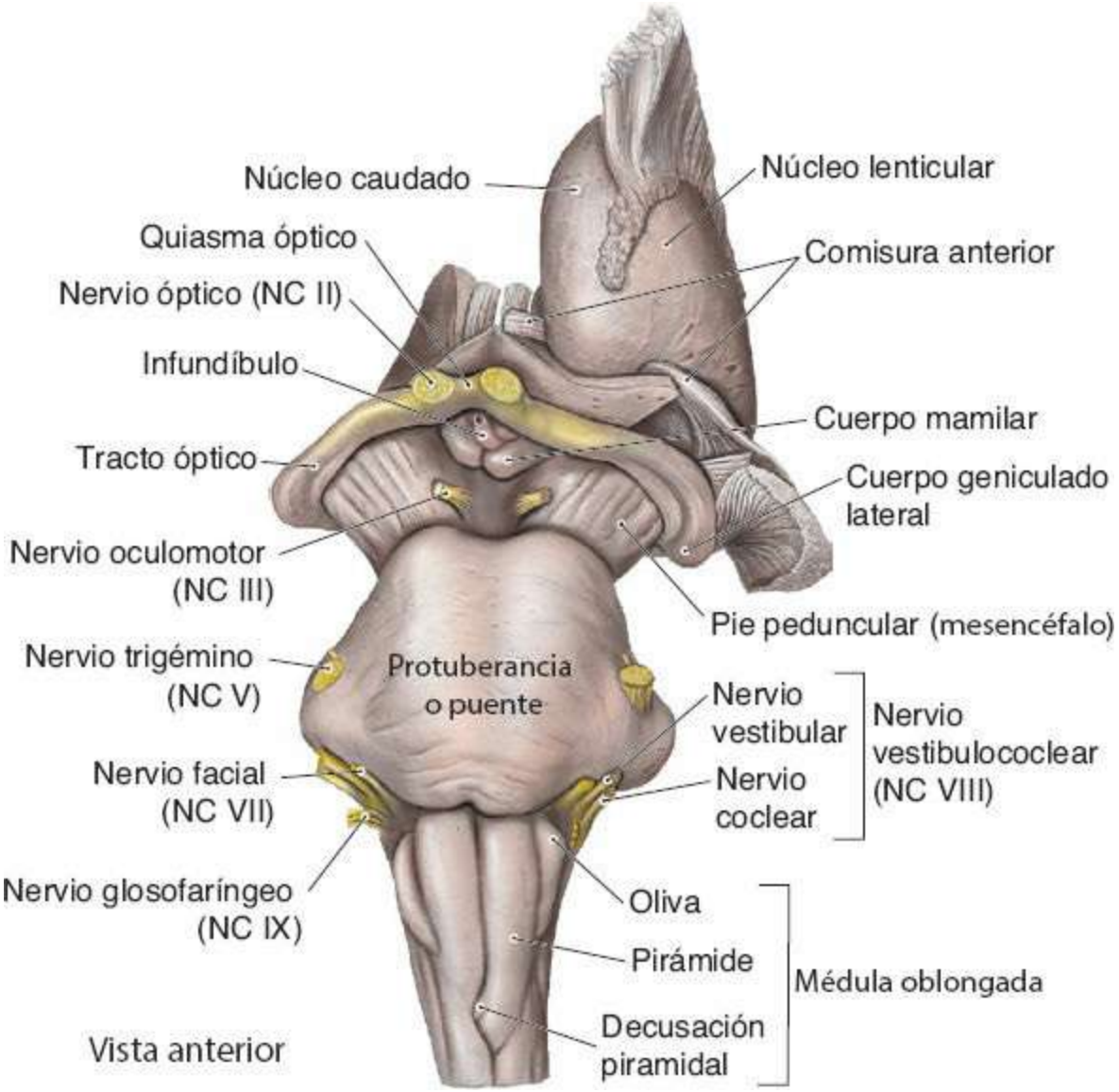
Existen los siguientes centros funcionales en el hipotálamo:

1. Regulación de la temperatura
   a. Lesión del hipotálamo anterior = hipertermia
   b. Lesión del hipotálamo posterior = hipotermia
2. Consumo de alimentos
   a. Lesión del núcleo ventromedial = hiperfagia
   b. Lesión del hipotálamo lateral = hipofagia
3. Ciclo sueño-vigilia
   a. Lesión del hipotálamo anterior = insomnio
   b. Lesión del hipotálamo posterior = hipersomnia
4. Emociones: lesión ventromedial del núcleo = ira
5. Equilibrio hídrico: lesión del hipotálamo anterior = diabetes insípida

Tallo cerebral o tallo encefálico

El tallo encefálico (FIG. 1-9) es desde el punto de vista filogenético la parte más antigua del encéfalo. Cranealmente, se continúa con el diencéfalo, y caudalmente se continúa con la médula espinal. Además de desempeñar una función importante de conducción, contiene el sistema de circuitos para la actividad refleja respiratoria y cardíaca.

Estructura	Descripción	Relevancia
Mesencéfalo (encéfalo medio)	• Parte más superior del tallo encefálico • Posee un **techo** (tectum) integrado por los **colículos superior** e **inferior** • La superficie anterior tiene **pedúnculos cerebrales**	• Contiene el **acueducto cerebral** • Da lugar a los **nervios craneales (NC) troclear** (IV), motor ocular común (III) y al núcleo accesorio del NC III
Protuberancia o puente	• Se localiza entre el mesencéfalo y la médula • Se localiza delante del cerebelo, con el cual se conecta mediante los **pedúnculos cerebelosos**	• Da lugar a los nervios **trigémino** (NC V), **abducens** (NC VI), **facial** (NC VII) y **vestibulococlear** (NC VIII)
Médula	• Parte extrema inferior del tallo encefálico • Continúa hacia abajo con la médula espinal a nivel del **agujero magno** • La superficie anterior tiene **pirámides**	• Da lugar a los nervios **glosofaríngeo** (NC IX), **vagal** (NC X) e **hipogloso** (NC XII)


Núcleo caudado
Núcleo lenticular
Quiasma óptico
Comisura anterior
Nervio óptico (NC II)
Infundíbulo
Cuerpo mamilar
Tracto óptico
Cuerpo geniculado lateral
Nervio oculomotor (NC III)
Pie peduncular (mesencéfalo)
Nervio trigémino (NC V)
Protuberancia o puente
Nervio vestibular
Nervio vestibulococlear (NC VIII)
Nervio facial (NC VII)
Nervio coclear
Nervio glosofaríngeo (NC IX)
Oliva
Pirámide
Médula oblongada
Decusación piramidal
Vista anterior

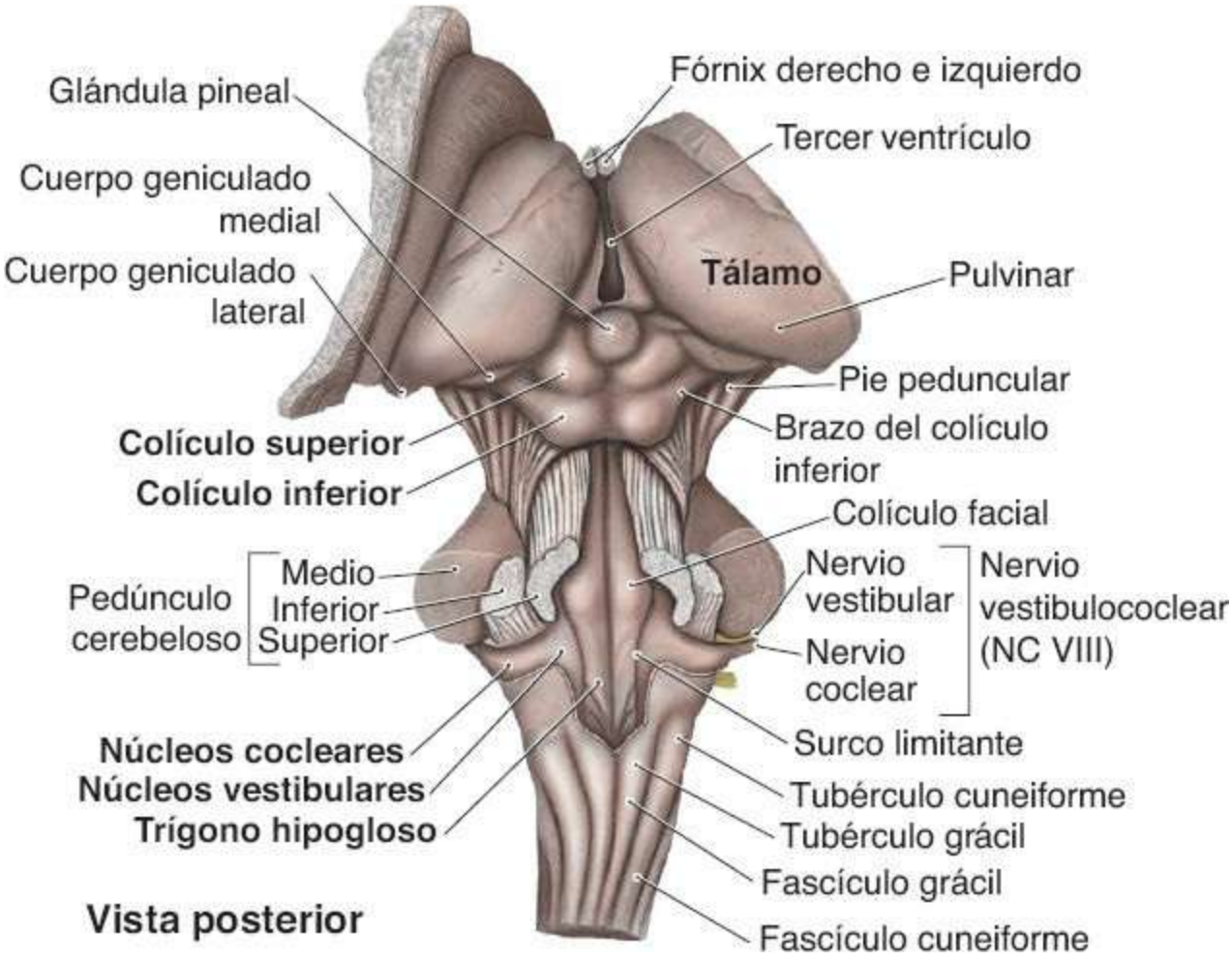


Figura 1-9. Vista anterior del tallo encefálico.

Cerebelo

El cerebelo está implicado en la planeación, coordinación y modificación de las actividades motoras (FIG. 1-10).

Estructura	Descripción	Relevancia
Divisiones anteriores a posteriores	• Anterior • Posterior • Floculonodular	• La parte anterior está separada de la posterior por una fisura primaria • La parte posterior está separada de la floculonodular por una fisura posterolateral
Divisiones laterales a mediales	• Hemisferio lateral • Hemisferio medial (paravermiano) • Vermis	Las divisiones laterales a mediales se basan en conexiones funcionales
Pedúnculos cerebelosos	• Superior • Medio • Inferior	Conectan el cerebelo con el tallo encefálico, principalmente el puente

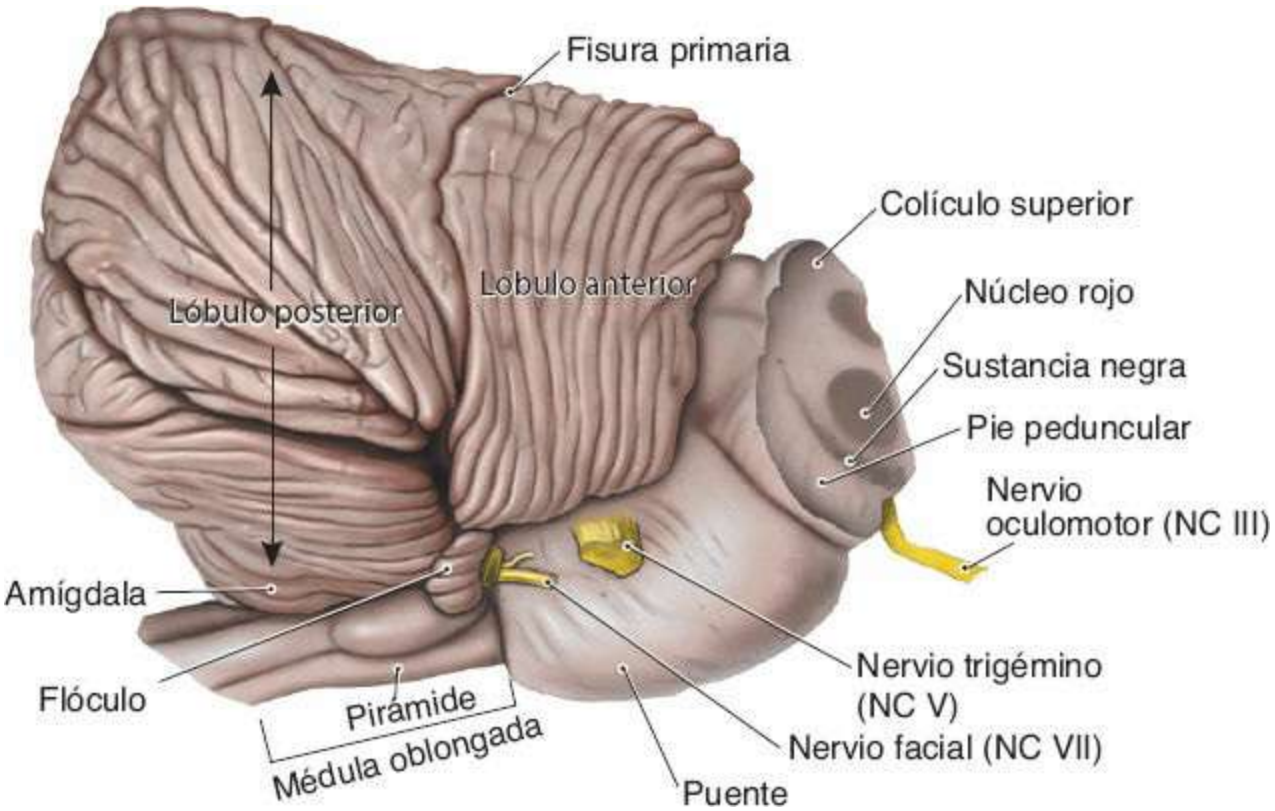


Figura 1-10. Vista lateral del cerebelo y del tallo encefálico.

Sistema nervioso periférico

El sistema nervioso periférico (SNP) está compuesto por todas las partes del sistema nervioso que no sean encéfalo o médula espinal, incluidos los nervios craneales y raquídeos, los plexos y los receptores.

Receptores periféricos

Los receptores del sistema nervioso (FIG. 1-11) se pueden clasificar por la función, el diámetro del axón o la velocidad de la conducción o el tipo, morfología o estructura de la fibra, o nivel de adaptación.

Tipo de mecanorreceptor	Estructura	Modalidad sensorial	Tipo de fibra	Adaptación
Terminaciones nerviosas libres	No encapsulados: sin cubierta de tejido conectivo en la terminación de las fibras nerviosas	Dolor y temperatura	A-δ C (desmielinizada)	Variable
Disco de Merkel		Tacto grueso	A-β o tipo II	Lenta

Corpúsculo de Pacini	Encapsulados: extremos de las fibras del nervio cubiertas por el tejido conectivo, lo que ayuda a la función del receptor	Presión y vibración		Muy rápida
Corpúsculo de Meissner		Tacto fino	A-β o tipo II	Rápida
Corpúsculo de Ruffini		Tensión y estiramiento		
Husos musculares		Estiramiento muscular	A-α o tipo Ia A-β o tipo II	Lenta
Órgano tendinoso de Golgi		Tensión muscular	A-α o tipo Ib	

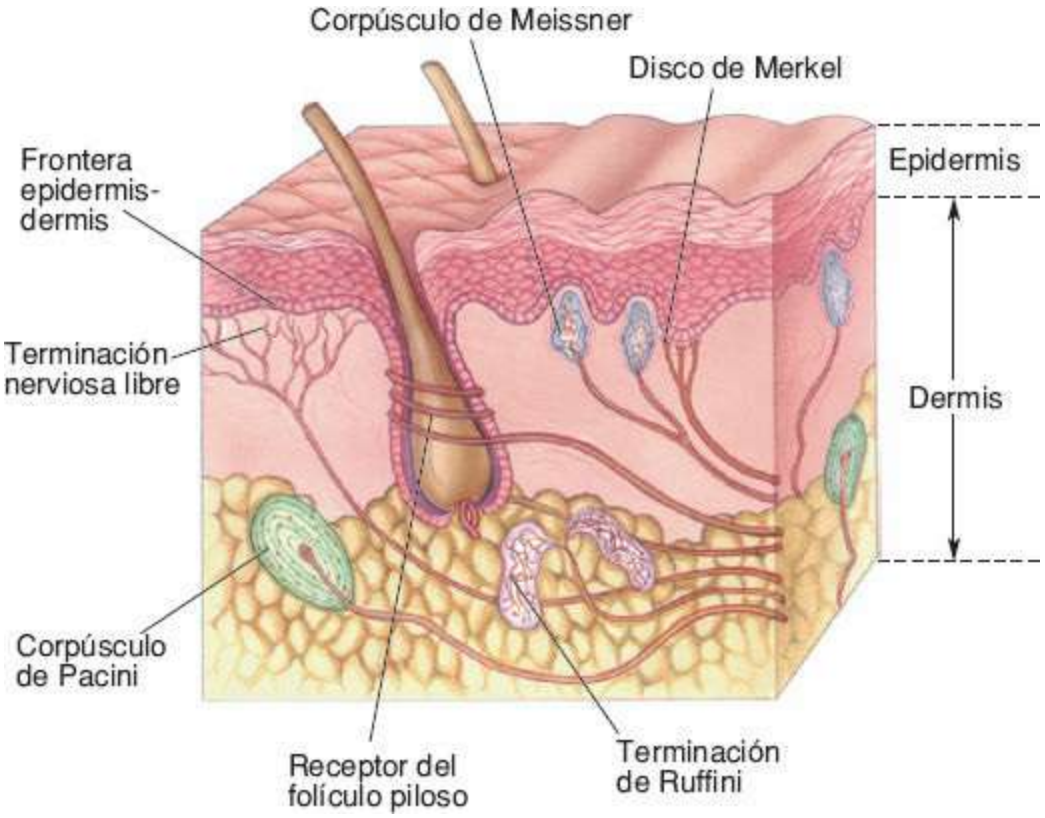


Figura 1-11. Receptores periféricos en la piel.

FIBRAS NERVIOSAS				
Clase alfabética	Clase numérica	Mielinizada o desmielinizada	Velocidad de conducción (m/s)	Innervación
A-α	Ia	Mielinizada	80-120	Terminaciones anuloespirales de los husos musculares
	Ib			Órganos tendinosos de Golgi
A-β	II		35-75	Terminaciones en racimo de flores de los husos musculares
A-δ	III		5-30	Fibras que conducen tacto grueso, dolor y temperatura
C	IV	Desmielinizada	0,5-2	Fibras que conducen dolor y temperatura

Conceptos complementarios

Por lo general el sistema de clasificación alfabético se utiliza para las fibras motoras, y el numérico se usa para las fibras sensitivas. Hay muchas excepciones; por ejemplo, el "dolor lento" se transmite por las fibras C, que no suelen ser designadas como fibras tipo IV.

Nervios periféricos

Un nervio es una colección de axones unidos entre sí por tejido conectivo que sirve para transmitir señales eléctricas entre el SNC y la periferia (FIG. 1-12).

Estructura	Descripción	Relevancia
Nervio craneal	• Olfativo (NC I): sólo sensorial	• NC I: sentido especial del olfato
	• Óptico (NC II): sólo sensorial	• NC II: sentido especial de la visión
	• Oculomotor (NC III): sólo motor	• NC III: motor para cuatro de los seis músculos extraoculares; parasimpático para esfínter de la pupila y del músculo ciliar, y tarsal superior
	• Troclear (NC IV): sólo motor	• NC IV: motor para el oblicuo superior

Nervio craneal	• Trigémino (NC V): sensorial y motor	• NC V: sensorial para cara; motor para ocho músculos, incluyendo los músculos de la masticación
	• Abducens (NC VI): sólo motor	• NC VI: motor para músculo recto lateral
	• Facial (NC VII): sensorial y motor	• NC VII: motor para músculos de la expresión facial; sensorial para oído externo; parasimpático para glándulas salivales submandibulares y sublinguales y para glándulas lacrimales; sentido especial del gusto para los 2/3 anteriores de la lengua
	• Vestibulococlear (NC VIII): sólo sensorial	• NC VIII: sentido especial de la audición y del equilibrio
	• Glosofaríngeo (NC IX): sensorial y motor	• NC IX: motor para estilofaríngeo; parasimpático para glándula parótida; sensorial para faringe y oído medio; sentido especial del gusto para el 1/3 posterior de la lengua
	• Vago (NC X): sensorial y motor	• NC X: motor para velo del paladar, laringe y faringe; parasimpático para tórax y abdomen; sensorial para oído externo
	• Accesorio espinal (NC XI): sólo motor	• NC XI: motor para esternocleidomastoideo y para trapecio
	• Hipogloso (NC XII): sólo motor	• NC XII: motor para musculatura de la lengua

Nervio raquídeo	• 31 pares
	• Formado por la combinación de raíces anteriores y posteriores
	• Termina como ramos primarios anterior y posterior
		• Dividido en:
		  • 8 pares de nervios raquídeos cervicales (C1-C8)
		  • 12 pares torácicos (T1-T12)
		  • 5 pares lumbares (L1-L5)
		  • 5 pares sacros (S1-S5)
		  • 1 par coccígeo
		  • Puede contener fibras posganglionares simpáticas, motoras somáticas y fibras sensitivas

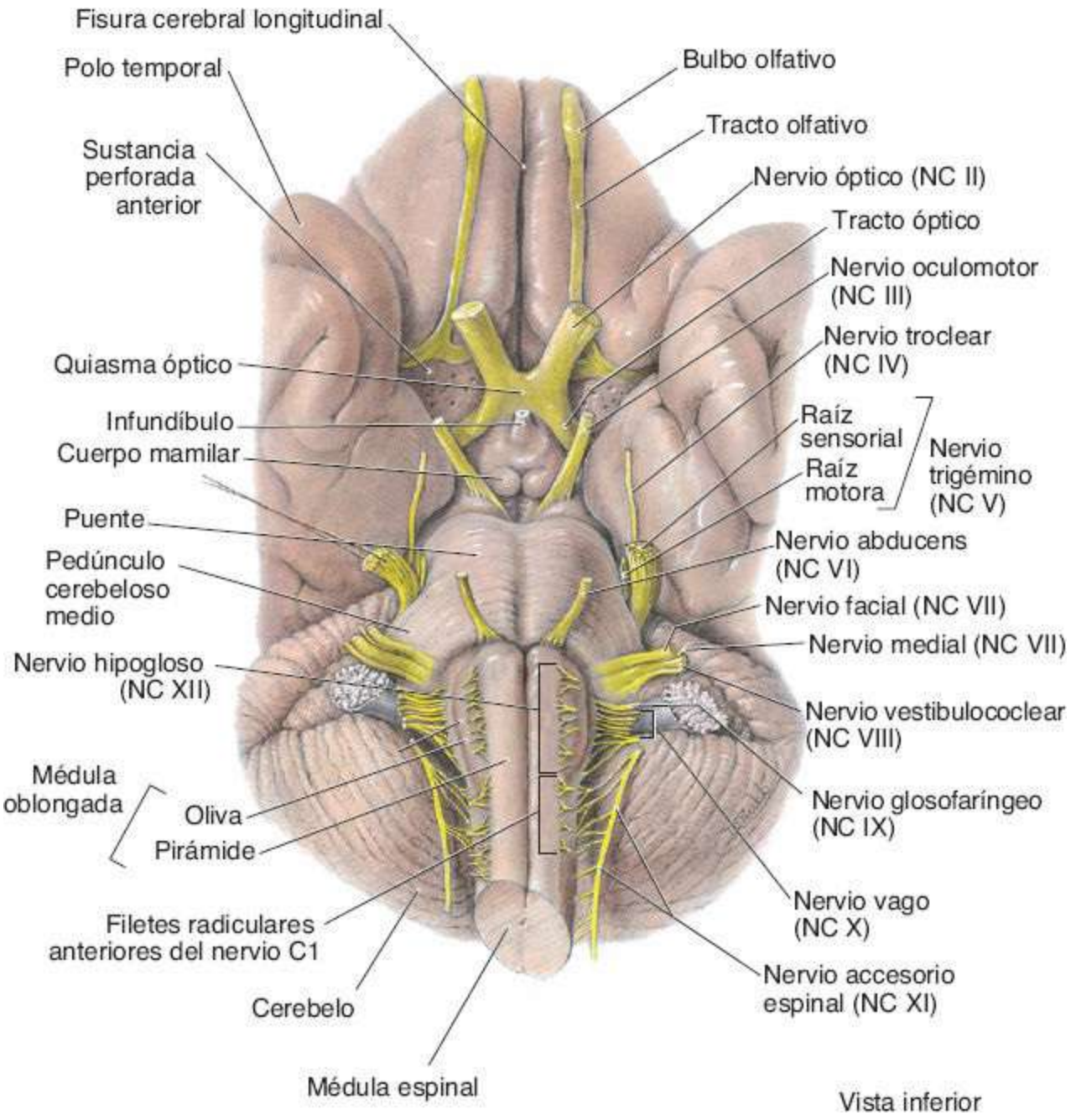


Figura 1-12. Nervios craneales en la base del encéfalo.

Conceptos complementarios

El NC I en realidad es un cúmulo libre de fibras desde las células bipolares suspendidas en la cara superior de la cavidad nasal: los nervios olfatorios. El NC XI se origina a partir de la cara posterior del asta anterior en la médula espinal cervical y por lo tanto no es realmente un nervio craneal (aunque una porción nace en la médula oblongada).

Las raíces anteriores y posteriores (filetes radiculares) se unen para formar el **nervio**

raquídeo. El nervio raquídeo propiamente dicho es una estructura muy corta de cerca de 1 cm de longitud, aunque el término se usa con frecuencia de manera laxa para describir los nervios del SNP. El nervio raquídeo termina dividiéndose en **ramos anteriores** y **posteriores**. Los plexos somáticos, tales como el **cervical**, el **braquial** y el **sacrolumbar**, son formados solamente por **ramos anteriores**; los **ramos posteriores** permanecen segmentarios.

Cada par de nervios raquídeos (o del segmento de la médula espinal) provee una franja de piel con inervación sensitiva: un **dermatoma**. Esto se diferencia a menudo del **patrón de inervación cutánea**, que es el área de la piel provista de inervación sensitiva por un nervio periférico individual. Éste es resultado de los nervios periféricos que emergen de los plexos, donde los ramos anteriores se unen e intercambian fibras de los diferentes niveles de la médula espinal. En el tronco, no hay formación de plexo, y el patrón de la inervación cutánea y del dermatoma son el mismo.

Mnemotecnia

Olimpia Odiaba Ordenar Tantos Triques, Al Final Vive Guardando Viejos Artículos Históricos

Esta frase corresponde a los nombres de los nervios craneales.

- **O**lfativo (NC I)
- **Ó**ptico (NC II)
- **O**culomotor (NC III)
- **T**roclear (NC IV)
- **T**rigémino (NC V)
- **A**bducens (NC VI)
- **F**acial (NC VII)
- **V**estibulococlear (NC VIII), conocido antes como “nervio auditivo”
- **G**losofaríngeo (NC IX)
- **V**ago (NC X)
- **A**ccesorio espinal (NC XI)
- **H**ipogloso (NC XII)

Si Sales Mañana Mismo, Ahorrarás Mil Años Santos. Anda Ana, ¡Muévete Mujer!

Esta frase corresponde a las funciones de los nervios craneales.

- Olfativo (NC I): **S**ensorial
- Óptico (NC II): **S**ensorial
- Oculomotor (NC III): **M**otor
- Troclear (NC IV): **M**otor

- Trigémino (NC V): **A**mbos, sensorial y motor
- Abducens (NC VI): **M**otor
- Facial (NC VII): **A**mbos, sensorial y motor
- Vestibulococlear (NC VIII): **S**ensorial
- Glosofaríngeo (NC IX): **A**mbos, sensorial y motor
- Nervio vago (NC X): **A**mbos, sensorial y motor
- Accesorio espinal (NC XI): **M**otor
- Hipogloso (NC XII): **M**otor

Médula espinal

La médula espinal se extiende desde el agujero magno, donde se continúa por todo el canal medular hasta formar un extremo ahusado llamado el **cono medular**, en el nivel vertebral L1 a L2 (FIG. 1-13). Sirve como centro reflejo y vía de conducción, al conectar el encéfalo con la periferia. Da lugar a 31 pares de nervios raquídeos.

Característica	Descripción	Relevancia
Intumescencia cervical	Parte ensanchada de la médula espinal entre C4 y T1	Da lugar a los ramos anteriores que forman el **plexo braquial**; inervación de los miembros superiores
Intumescencia lumbar	Parte ensanchada de la médula espinal entre L1 y S3	Da lugar a los ramos anteriores que forman el **plexo lumbosacro**; inervación de los miembros inferiores
Cono medular	Extremo ahusado inferior de la médula espinal	• Localizado en el nivel vertebral L1-L2 • Las raíces del nervio cerca del cono contribuyen a la cola de caballo
Cola de caballo	Cúmulo de raíces anteriores y posteriores desde la cara inferior de la médula espinal	Localizada en la **cisterna lumbar**; una continuación del espacio subaracnoideo en el **saco dural** caudal al cono medular
Sustancia gris	Localizada en el interior de la médula espinal, dentro de la sustancia blanca	Dividida en asta posterior, lateral (entre T1 y L2) y anterior (internamente se divide en 10 láminas)
Sustancia blanca	Localizada en el exterior de la médula espinal, rodeando la sustancia gris	Dividida en cordones anteriores, laterales y posteriores; contiene tractos de fibras ascendentes y descendentes

DESARROLLO

El sistema nervioso comienza a formarse en la tercera semana del desarrollo. La primera evidencia del desarrollo del sistema nervioso es un engrosamiento del ectodermo del embrión trilaminar, la **placa neural** (FIG. 1-14).

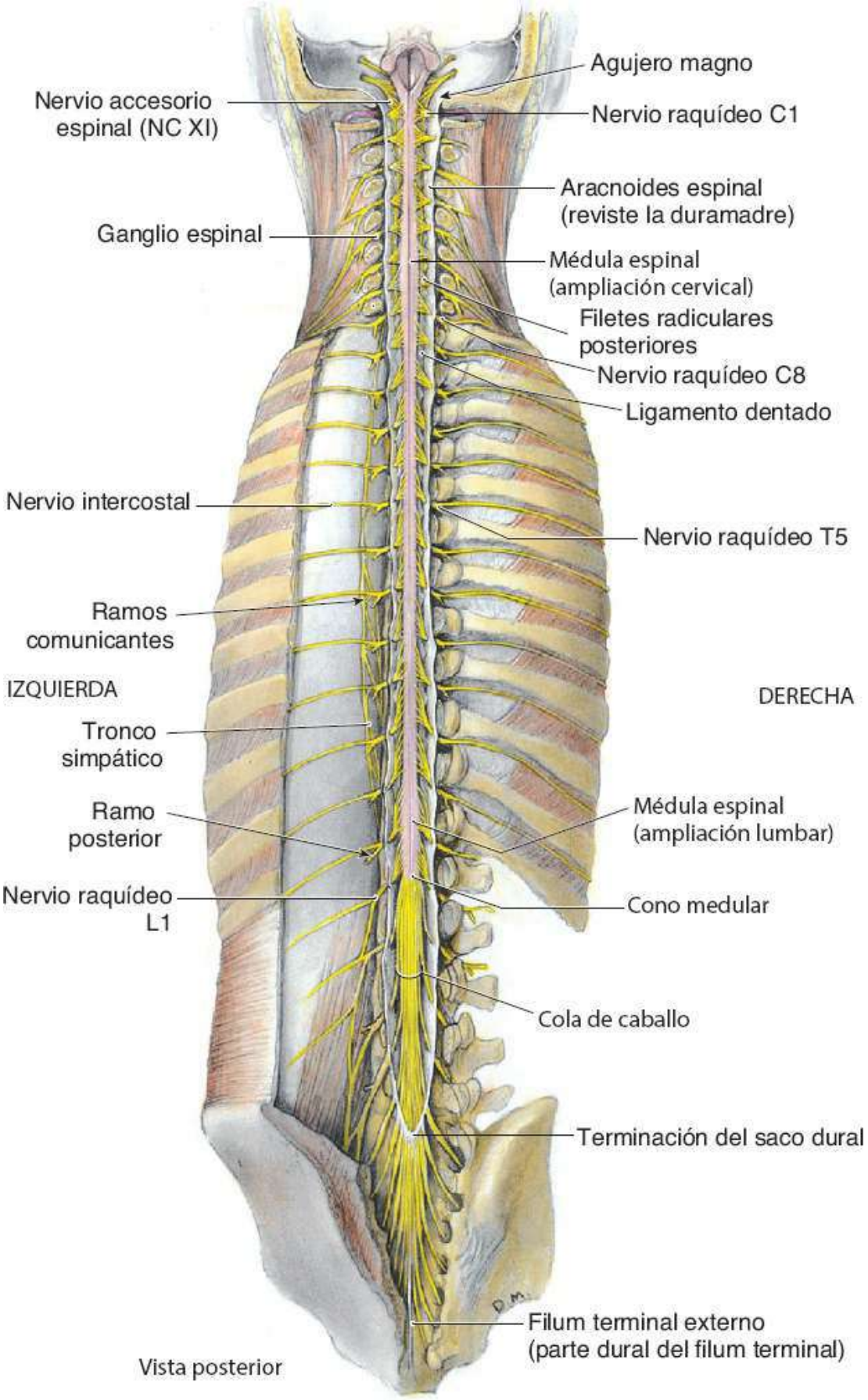
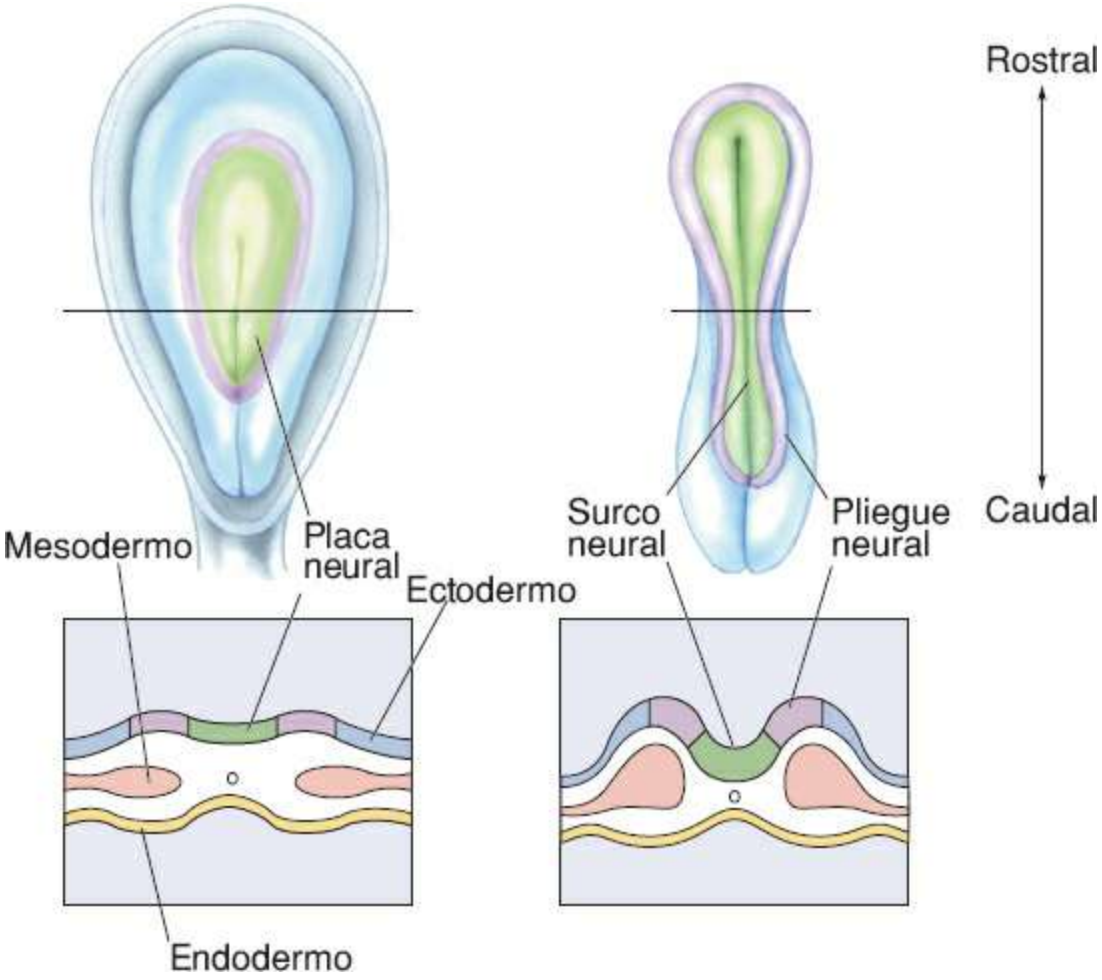

Agujero magno
Nervio accesorio espinal (NC XI)
Nervio raquídeo C1
Aracnoides espinal (reviste la duramadre)
Ganglio espinal
Médula espinal (ampliación cervical)
Filetes radiculares posteriores
Nervio raquídeo C8
Ligamento dentado
Nervio intercostal
Nervio raquídeo T5
Ramos comunicantes
IZQUIERDA
DERECHA
Tronco simpático
Ramo posterior
Médula espinal (ampliación lumbar)
Nervio raquídeo L1
Cono medular
Cola de caballo
Terminación del saco dural
Filum terminal externo (parte dural del filum terminal)
Vista posterior

Figura 1-13. La médula espinal.

Primer día de aparición	Estructura	Relevancia
18	Placa neural	Engrosamiento del ectodermo entre el **nodo primitivo** y la **membrana orofaríngea**
20	Surco neural Pliegue neural	El engrosamiento continuo de la placa neural en su periferia forma un surco neural medio, con los pliegues neurales engrosados en el costado del surco
22	Tubo neural	• Los pliegues neurales se unen en el medio para formar el tubo neural; la fusión de los pliegues procede **craneal** y **caudalmente**, dejando eventualmente un neuroporo craneal y uno caudal • El tubo neural se separa del ectodermo superficial para yacer entre él y la notocorda • La porción craneal del tubo neural forma el encéfalo; la porción caudal da lugar a la médula espinal; el lumen del tubo forma el canal central de la médula espinal y el sistema ventricular del encéfalo
	Neuroporo craneal	Se cierra aproximadamente en el día 25; forma la **lámina terminal** del adulto
	Neuroporo caudal	Se cierra aproximadamente en el día 27


Rostral
Caudal
Mesodermo
Placa neural
Ectodermo
Endodermo
Surco neural
Pliegue neural

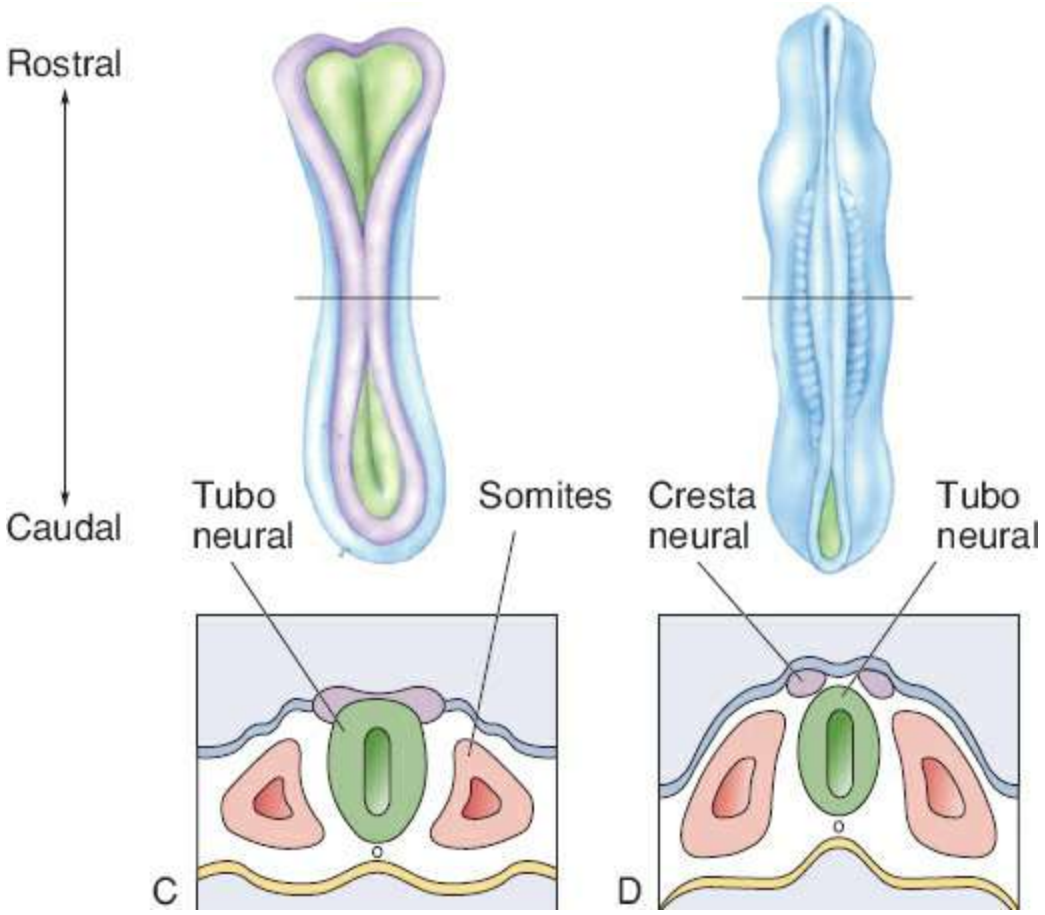


Figura 1-14. Dorso del embrión.

Relevancia clínica

La falla en el cierre del neuroporo craneal puede causar **anencefalia**, un defecto congénito grave en el cual el encéfalo y la bóveda craneal no pueden desarrollarse. La falla en el cierre del neuroporo caudal puede conducir a la **espina bífida**, que incluye las variantes siguientes (presentadas por orden de gravedad):

- Oculta: defecto vertebral del arco solamente.
- Quística, que tiene dos formas:
  - Meningocele: las meninges se proyectan a través del defecto del arco vertebral, formando un quiste lleno de líquido cefalorraquídeo (LCR).
  - Meningomielocele: el tejido de la médula espinal se proyecta a través del defecto en el arco vertebral en un quiste meníngeo lleno de LCR.
- Mielosquisis: tubo neural abierto.

Cresta neural

La cresta neural es una población migratoria de células pluripotentes que se disocian durante la formación del tubo neural. Las células de la cresta neural migran a través del

cuerpo para formar una multiplicidad de estructuras en los adultos. (FIG. 1-15)

Estructura	Relevancia
Leptomeninges	Forma la piamadre y la aracnoides
Células de los ganglios autónomos	Cuerpos celulares simpáticos y parasimpáticos posganglionares
Células de los ganglios nerviosos espinal y craneal	Cuerpos celulares sensitivos de primer orden
Células de Schwann	Forman la mielina en el sistema nervioso periférico
Células cromafines	Células neuroendocrinas localizadas en la médula suprarrenal
Melanocitos	Células productoras de la pigmentación de la epidermis
Esqueleto del arco faríngeo	Componentes del tejido conectivo y esquelético de los arcos faríngeos
Tabique aortopulmonar	Tabique de tejido conectivo que divide la aorta y el tronco pulmonar en el corazón
Odontoblastos	Células que forman la dentina en los dientes
Células parafoliculares	Células productoras de calcitonina de la glándula tiroides

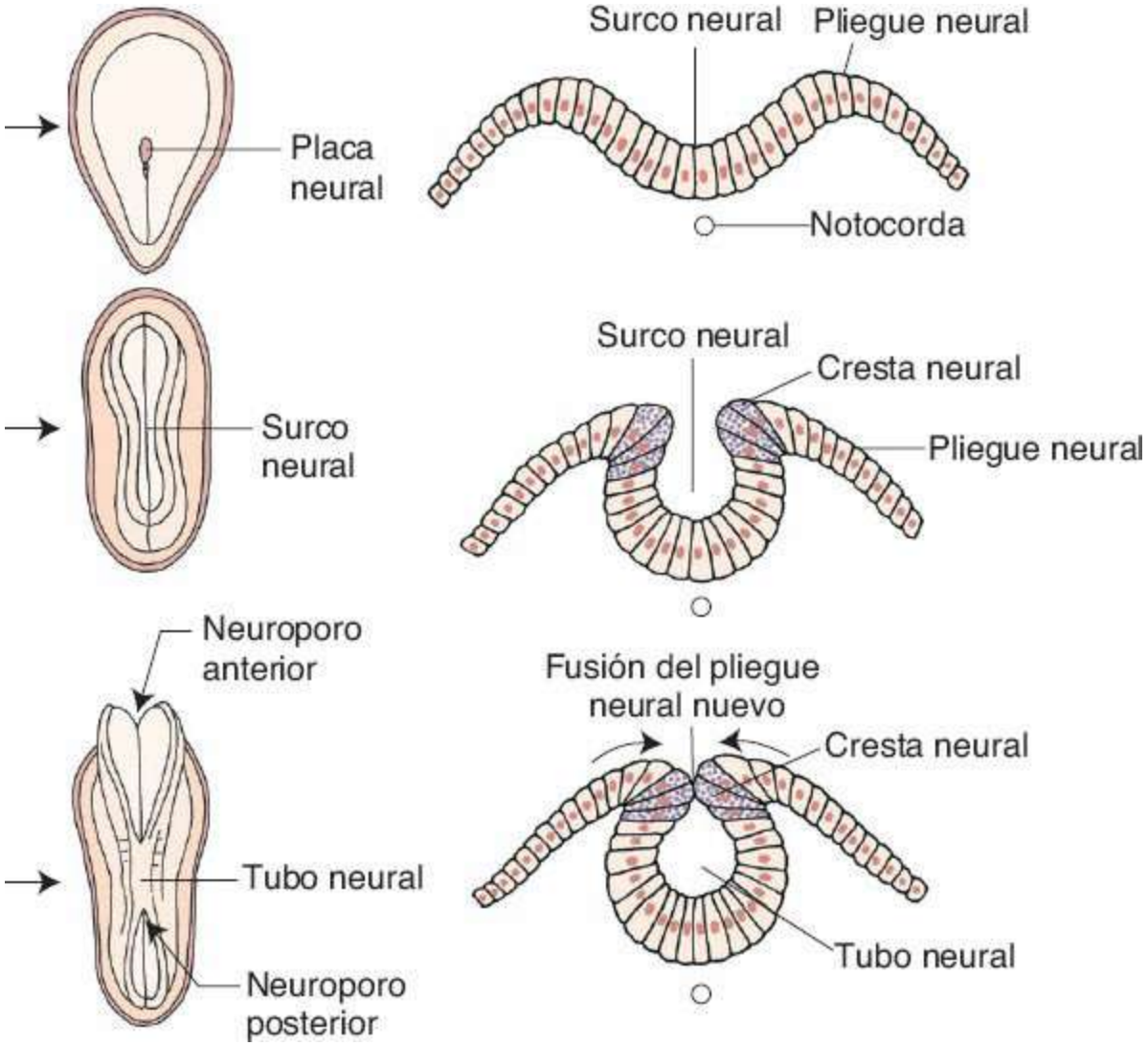


Figura 1-15. Desarrollo del sistema nervioso central.

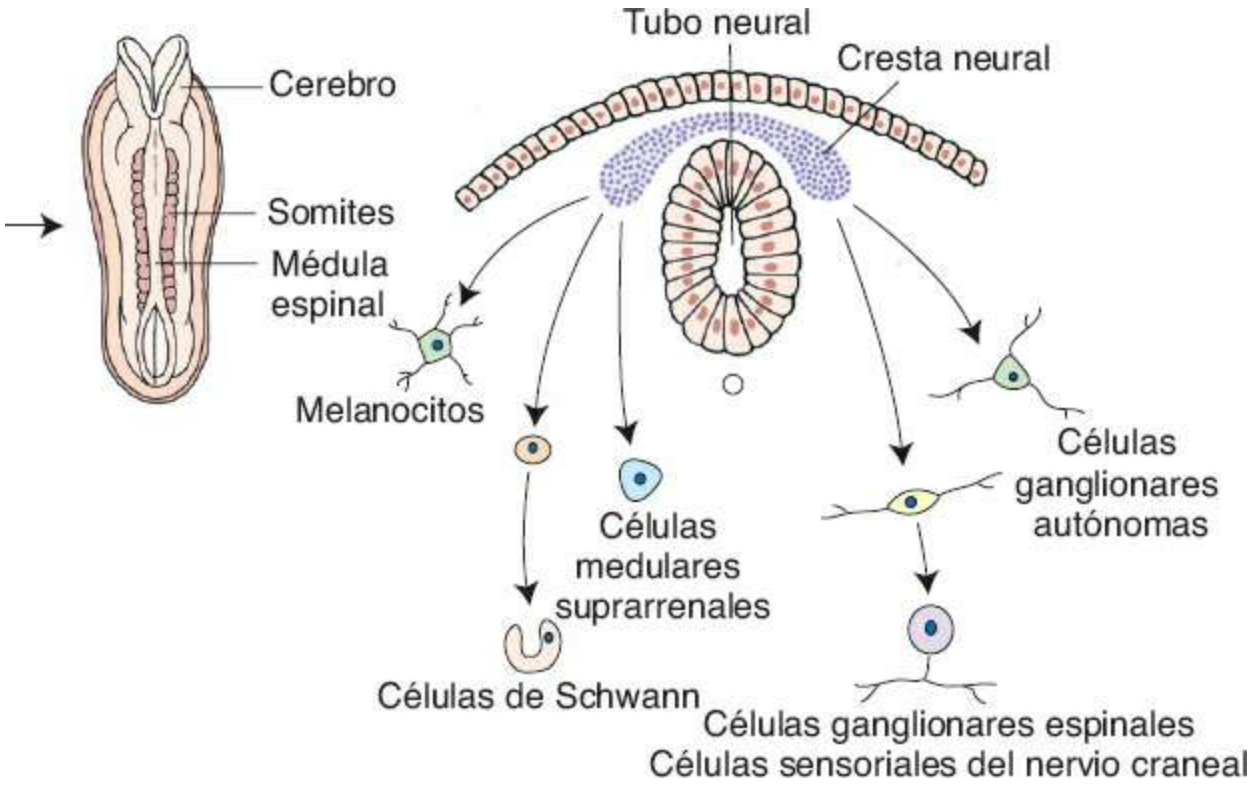


Figura 1-15. Desarrollo del sistema nervioso central.

Relevancia clínica

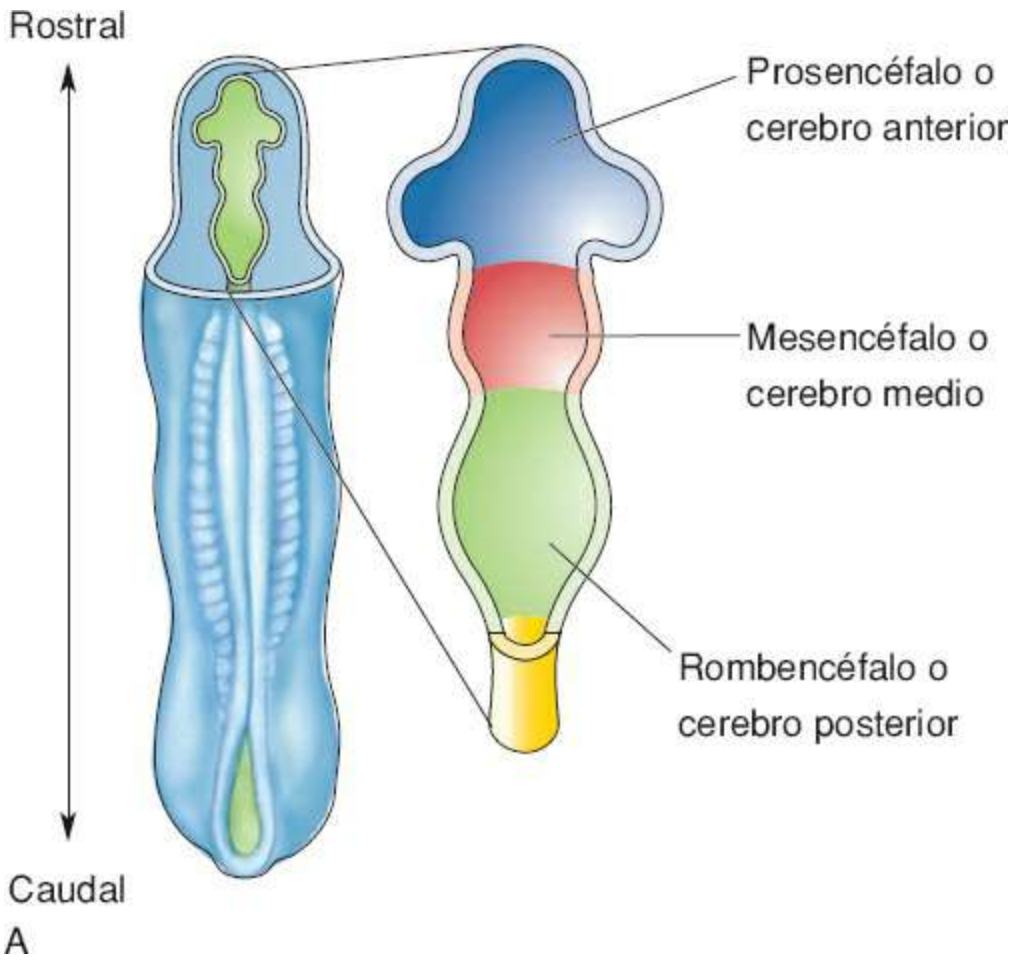
Debido a que las células de la cresta neural migran tan extensamente a través del cuerpo y son responsables de la formación correcta de tantas estructuras, la interrupción de su migración causa a menudo síndromes debilitantes tales como el de Treacher Collins y el de Pierre Robin, que pueden afectar la cara, el corazón, el metabolismo y el sistema nervioso.

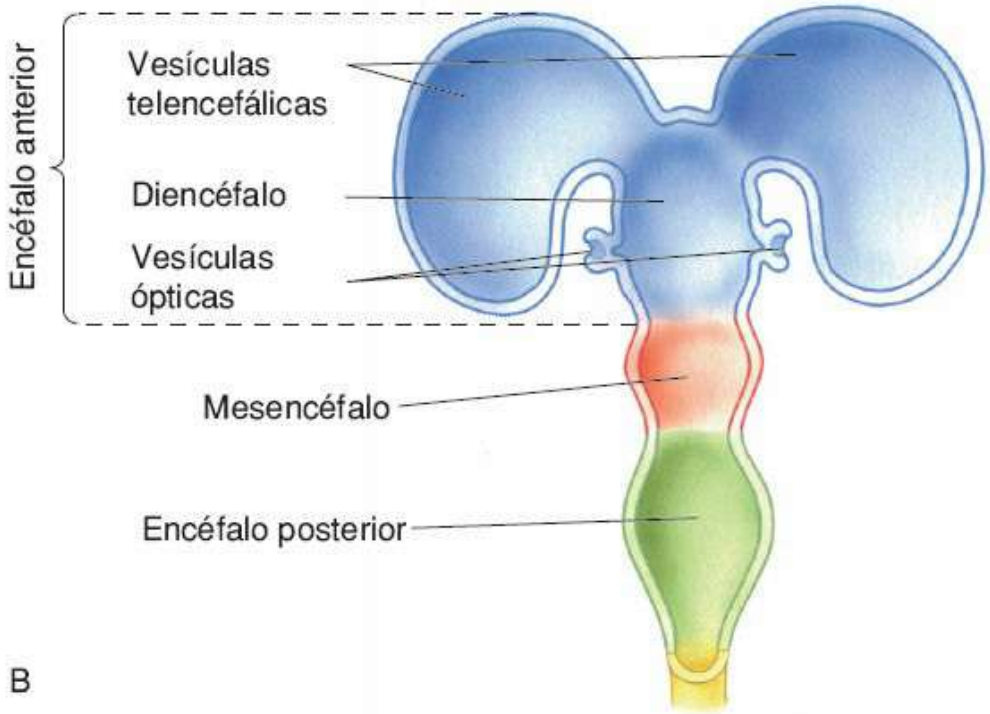
Tubo neural

Durante la cuarta semana de la gestación, el tubo neural se expande y dilata para formar vesículas (FIG. 1-16). La luz del tubo forma el sistema ventricular del encéfalo.

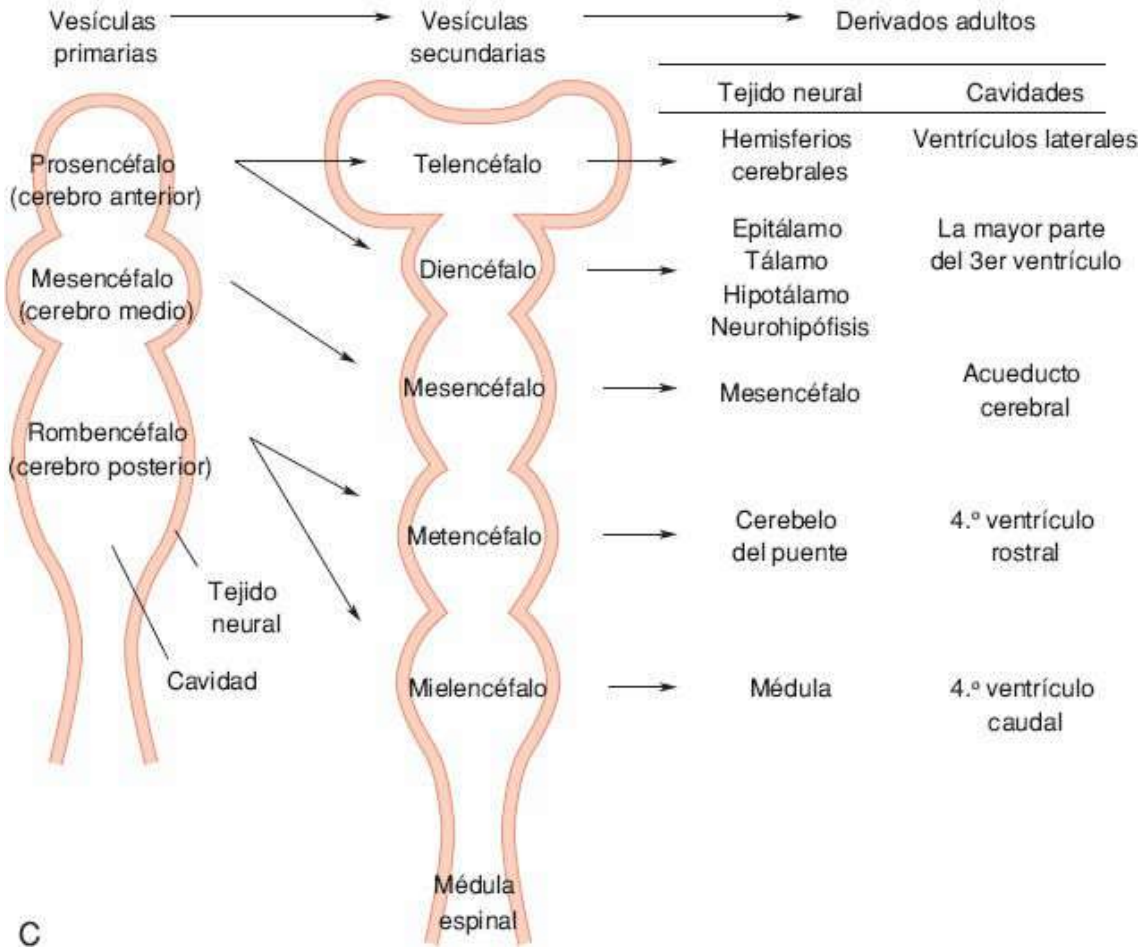
Vesícula primaria	Vesícula secundaria	Estructura adulta	Sistema ventricular
Prosencéfalo (encéfalo anterior)	Telencéfalo	Hemisferios cerebrales Bulbos olfativos	(Dos) ventrículos laterales
	Diencéfalo	Tálamos	Tercer ventrículo
Mesencéfalo (encéfalo medio)	Mesencéfalo	Mesencéfalo	Acueducto cerebral

Flexión cefálica			
Rombencéfalo (encéfalo posterior)	Metencéfalo	Puente Cerebelo	Cuarto ventrículo
	Mielencéfalo	Médula oblongada	
Flexión cervical			
Médula espinal en desarrollo			




Encéfalo anterior
Vesículas telencefálicas
Diencéfalo
Vesículas ópticas
Mesencéfalo
Encéfalo posterior

B


Vesículas primarias
Vesículas secundarias
Derivados adultos
Tejido neural
Cavidades
Prosencéfalo (cerebro anterior)
Telencéfalo
Hemisferios cerebrales
Ventrículos laterales
Mesencéfalo (cerebro medio)
Diencéfalo
Epitálamo
Tálamo
Hipotálamo
Neurohipófisis
La mayor parte del 3er ventrículo
Mesencéfalo
Mesencéfalo
Acueducto cerebral
Rombencéfalo (cerebro posterior)
Metencéfalo
Cerebelo
del puente
4.º ventrículo rostral
Tejido neural
Cavidad
Mielencéfalo
Médula
4.º ventrículo caudal
Médula espinal

C

Figura 1-16. **A.** Vesículas primarias del encéfalo. **B.** Vesículas secundarias del encéfalo. **C**. Derivados de las vesículas.

Conceptos complementarios

Los engrosamientos del ectodermo neural dan lugar a (1) las **placodas olfativas**, que forman el NC I e inducen la formación de los **bulbos olfativos**, y (2) las **placodas óticas**, que forman el NC VIII y los aparatos sensoriales del oído interno.

Relevancia clínica

La **hidrocefalia** es una dilatación de los ventrículos en desarrollo causada por el LCR en exceso, generalmente por la incapacidad (obstrucción) del sistema de drenado ventricular para extraer el LCR y ponerlo en circulación.

Pared del tubo neural

La pared del tubo neural se divide en tres capas.

Capa	Localización	Relevancia
Neuroepitelio (ventricular)	Interna: adyacente a la luz del tubo	Formado por las **células ependimarias** que recubren el canal central y los ventrículos
Manto (intermedio)	Capa media	Formado por neuronas y glía; da lugar a la sustancia gris
Marginal	Exterior	Contiene fibras nerviosas de las neuronas y la glía; da origen a la sustancia blanca

Médula espinal

La médula espinal se desarrolla a partir del tubo neural, caudal al cuarto par de somites. Se divide transversalmente en placas (FIG. 1-17).

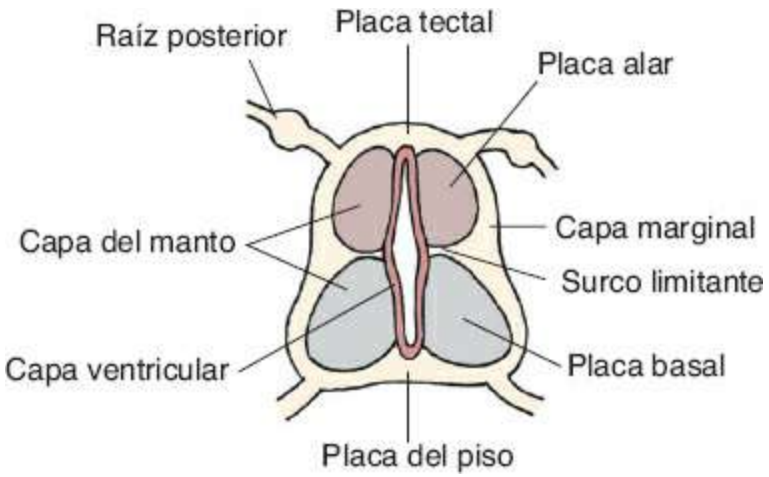


Figura 1-17. Corte transversal de la médula espinal en desarrollo.

Placa	Posición	Estructuras adultas
Alar	Posterior/lateral	Astas posteriores: sensorial
	Surco limitante: separa la placa alar de la basal	
Basal	Anterior/lateral	Astas anteriores: motoras
Techo	Posterior	Cubierta posterior del canal central
Piso	Anterior	Comisura blanca anterior

Conceptos complementarios

Los surcos limitantes son visibles en el piso del cuarto ventrículo en el tallo encefálico adulto y son una guía útil para separar los núcleos motores y sensoriales.

En un lactante, la médula espinal extiende la longitud del canal vertebral; el crecimiento del canal vertebral sobrepasa el de la médula espinal de forma que, en el adulto, ésta se extiende solamente del nivel vertebral L1 al L2.

Relevancia clínica

El saco dural continúa hasta la cara más inferior del canal vertebral. Está lleno de la cola de caballo, del filum terminal y de LCR; así, debido a que la médula espinal termina en L1 a L2, el saco dural es un excelente lugar del cual extraer LCR, como se hace en la punción lumbar.

NEUROHISTOLOGÍA

Las células del sistema nervioso –neuronas y glía– se derivan del neuroectodermo (FIGS.

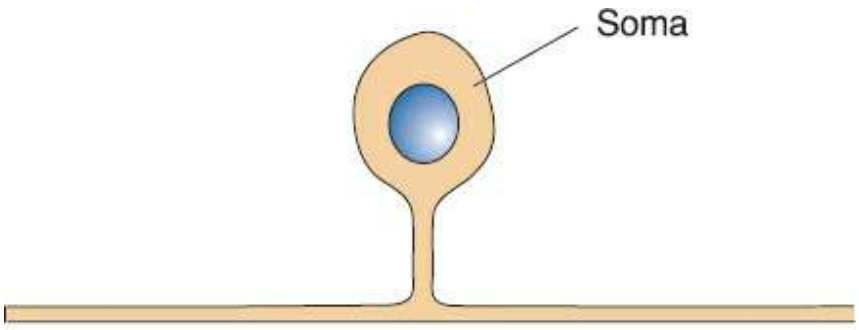
1-18 y 1-19).

Tipo de célula	Características generales	Características singulares
Neurona	• Generalmente no es capaz de dividirse • Capaz de enviar y de recibir señales electroquímicas • Integrada por un cuerpo celular, dendritas y un axón	• **Multipolar:** la más común; un axón y múltiples dendritas; motoneuronas e interneuronas • **Bipolar:** sensorial solamente; ganglios del NC VIII, de la retina y del epitelio olfativo

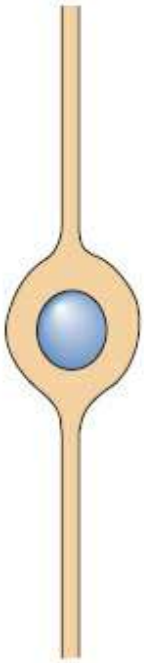
	• Las motoneuronas conducen señales a los órganos efectores; las neuronas sensoriales reciben señales de los receptores; las interneuronas (internunciales) conectan las motoneuronas y las sensoriales y tienen una función integradora	• **Seudounipolar:** sensorial; ganglios sensoriales de los nervios craneales y de los ganglios espinales; núcleo mesencefálico

Astrocito	• La mayoría de las células en el SNC
	• Función en/como:
	  • Barrera hematoencefálica
	  • Amortiguador iónico
	  • Cicatriz glial
	  • Soporte estructural
	  • Reserva de glucógeno
	  • Soporte metabólico
	  • Pila de neurotransmisores
	  • Modificador sináptico
		• Fibroso: se localiza en la sustancia blanca
		• Protoplásmico: se localiza en la sustancia gris
		• Radial: papel en la guía de la migración neuronal durante el desarrollo

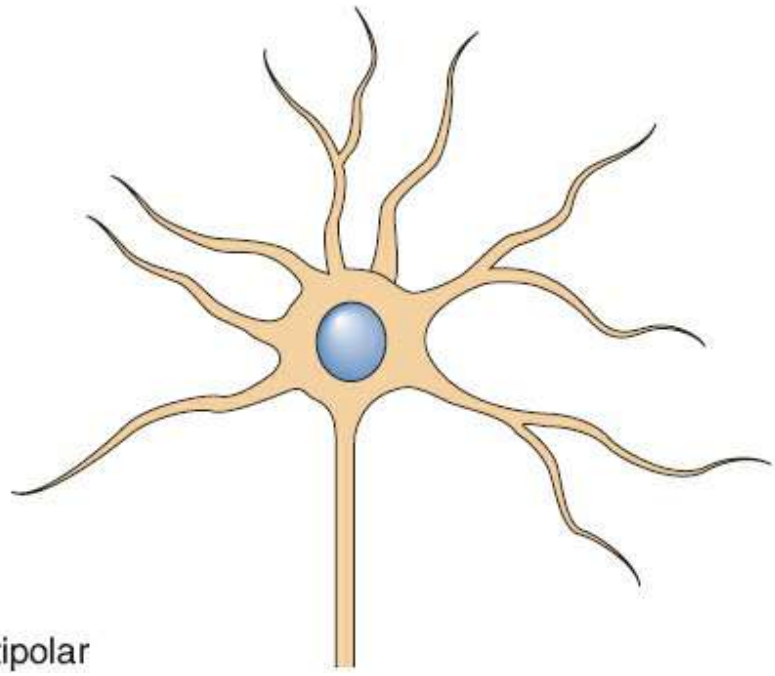
Microglía	• Origen monocítico • Función como macrófagos • Migratoria	• **Activada:** papel fagocitario • **En reposo:** forma inactiva
Oligodendrocitos	Células formadoras de mielina del SNC; un oligodendrocito puede mielinizar las partes de varios axones	• **Células satélite:** se localizan en la sustancia gris • **Interfasciculares:** se localizan en la sustancia blanca
Ependimarias	Células epiteliales que recubren el canal central y los ventrículos	Son el componente epitelial del **plexo coroideo**, que produce el LCR
Schwann	Células formadoras de mielina del SNP; una célula de Schwann mieliniza un internodo de un axón	Invierte y da sostén a los axones desmielinizados



Seudounipolar



Bipolar



Multipolar

Figura 1-18. Clasificación de las neuronas.

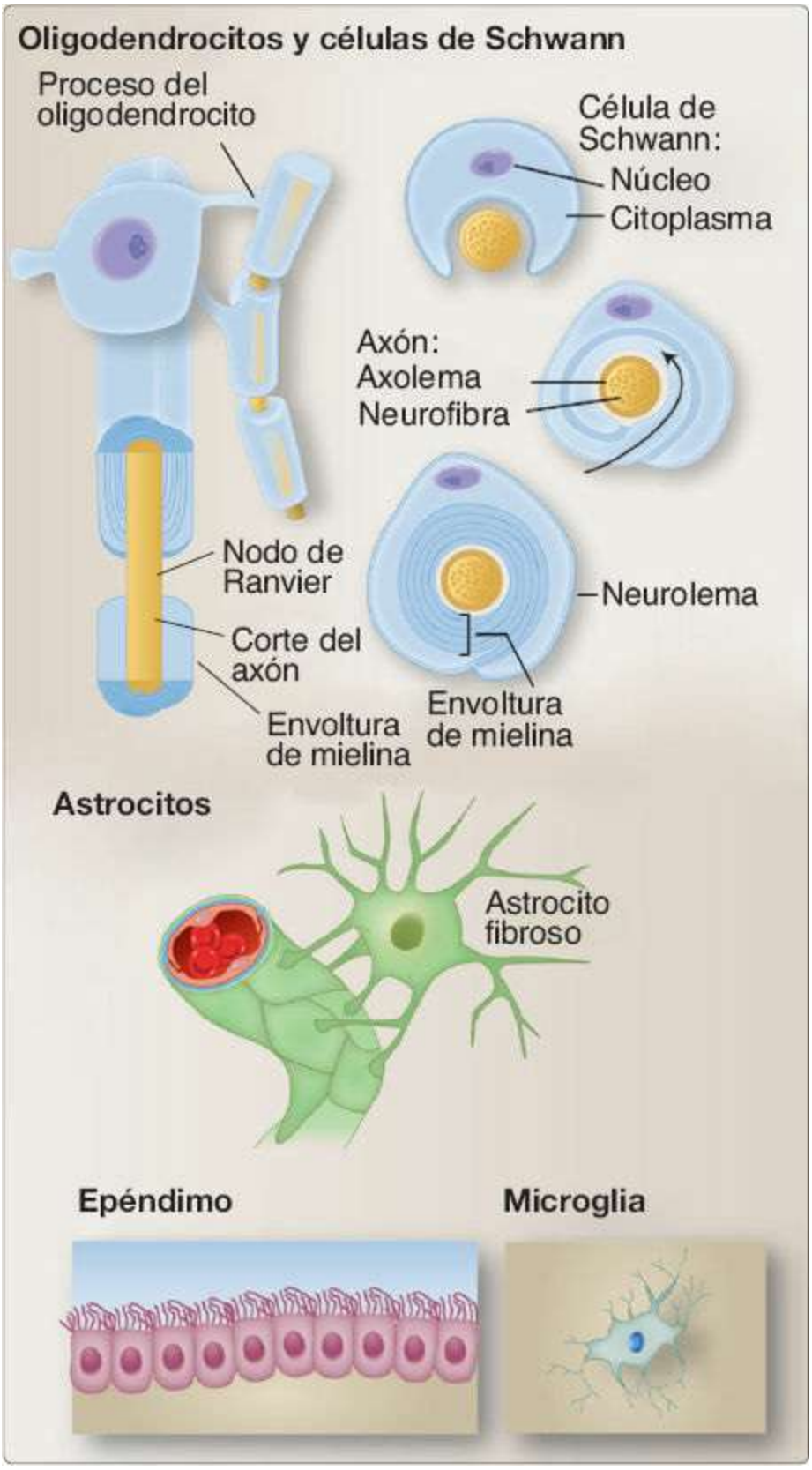


Figura 1-19. Glía.

Conceptos complementarios

La mielina es una envoltura eléctricamente aislante de las fibras nerviosas que forma la vaina de mielina. Las fibras nerviosas se encuentran envueltas en segmentos llamados *internodos*, con brechas entre sí conocidas como *nodos de Ranvier* (FIG. 1-20). El potencial de acción puede "saltar" de nodo a nodo en un proceso llamado *conducción saltatoria*, acelerando así la señal hacia la sinapsis.

PARTES DE UNA NEURONA (FIG. 1-20)

Parte	Estructura	Relevancia
Cuerpo de la célula (soma)	• Núcleo grande con **sustancia de Nissl** (retículo endoplasmático rugoso (RER)) • Nucléolo grande • Numerosas mitocondrias	• Una cantidad significativa de RER es evidencia del importante papel de la síntesis de proteínas • Elementos citoesqueléticos integrados por neurofilamentos, microfilamentos y microtúbulos; para el transporte de vesículas, el crecimiento axonal y la estructura
Axón	• Uno solo • Puede ser con o sin mielina • Transporte activo: **anterógrado** (lejos del soma), **retrógrado** (hacia el soma)	
Dendrita(s)	Pueden ir de una a muchas	• Conducen impulsos hacia el cuerpo celular • Pueden poseer **espinas dendríticas**: sitio del contacto sináptico

Conceptos complementarios

Las fibras nerviosas individuales y su envoltura de mielina (si está presente) se encuentran envueltas en una capa de tejido conectivo: el **endoneuro**; el **perineuro** envuelve múltiples fibras juntas en un **fascículo**. Los fascículos y los vasos sanguíneos pequeños aparecen envueltos por el **epineuro** para formar un nervio periférico.

Relevancia clínica

Los axones en el SNP son capaces de regenerarse si la parte del axón distal a la lesión permanece intacta y la envoltura endoneural es aún patente.

MENINGES

Las meninges protegen y dan soporte al encéfalo y la médula espinal (FIG. 1-21). Desde el exterior hacia adentro, las meninges son la duramadre, el aracnoides y la piamadre (FIG. 1-22).

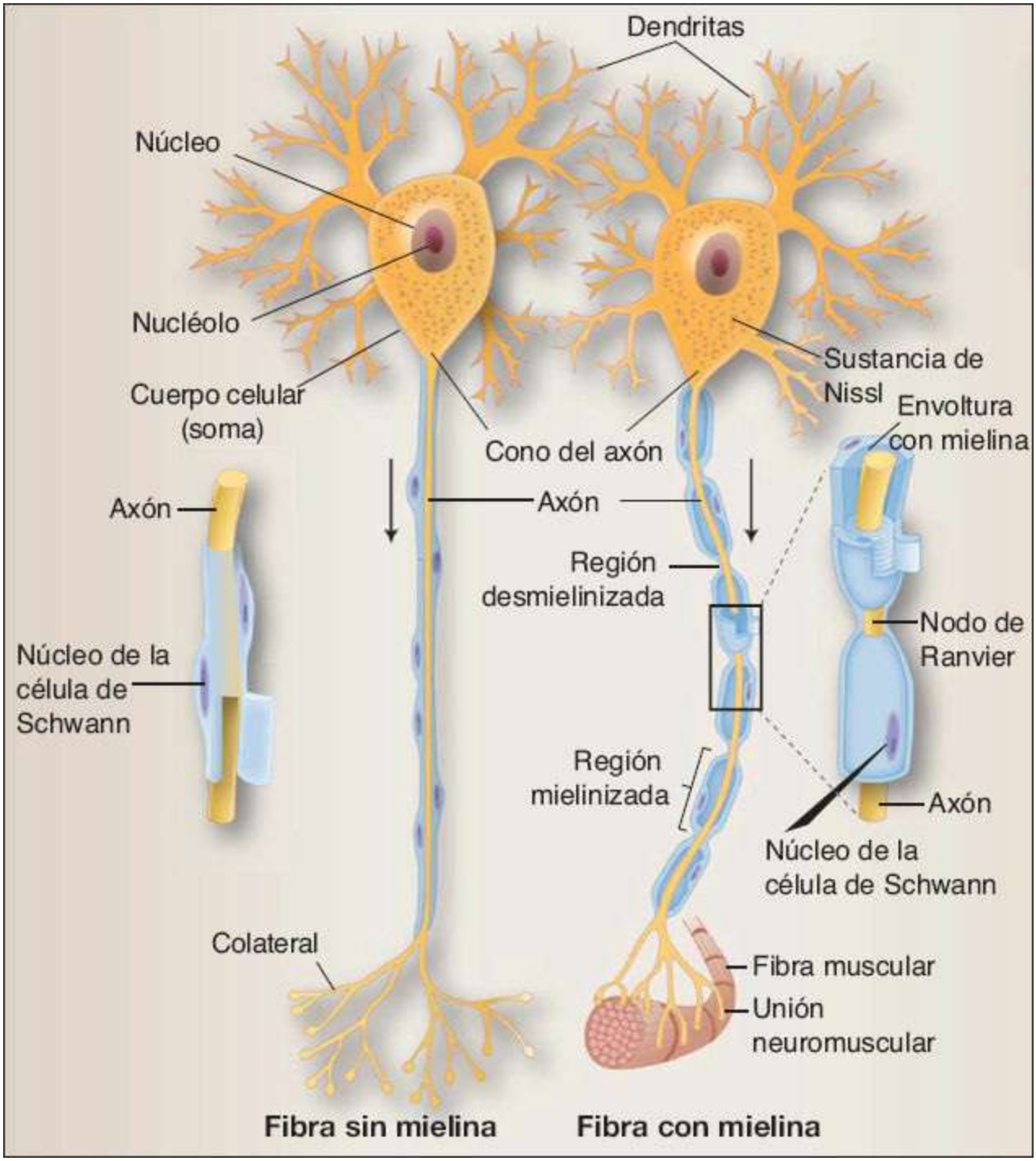


Figura 1-20. La neurona.

MENINGES Y ESPACIOS ALREDEDOR DEL ENCÉFALO

Capa (de fuera hacia dentro)	Descripción	Relevancia
	Cráneo	
Espacio epidural	• Espacio potencial • Contiene las arterias y las venas meníngeas	Sitio del hematoma epidural; normalmente resultado de traumatismos a una arteria meníngea

Duramadre	• Capa externa sólida, no flexible • Se adhiere dentro de la bóveda craneal • Es irrigada por las arterias meníngeas	• Se separa en dos capas para formar los **tabique durales** en varios sitios • Sensible al dolor (p. ej., del estiramiento); la dura supratentorial es innervada por el NC V; la dura infratentorial es innervada por el NC X
Espacio subdural	Espacio potencial	Sitio del hematoma subdural; típicamente resulta del daño a las venas craneales (comunicantes)
Aracnoides	• Capa delicada; se adhiere a la duramadre por presión del LCR y las **células de la frontera dural** • Parte de las **leptomeninges** con la piamadre	• Avascular • Recubre la duramadre • Algunas evaginaciones de la aracnoides entran a través de la duramadre en el **seno sagital superior** vía las vellosidades aracnoides para permitir que el LCR se mueva desde el **espacio subaracnoideo** hasta el sistema venoso dural
Espacio subaracnoideo	• Espacio lleno de LCR entre la aracnoides y la piamadre • Se ensancha en varias zonas donde la aracnoides hace puente sobre irregularidades de la superficie del encéfalo para formar **cisternas subaracnoides** llenas de LCR (es decir, la **cisterna magna**)	• Sitio de la hemorragia subaracnoidea; puede ser una arteria o vena cerebral • Atravesado por las **trabéculas aracnoides**, que ayudan a estabilizar el encéfalo
Piamadre	• Parte de las leptomeninges con la sustancia aracnoidea • Se adhiere a la superficie del encéfalo	• Membrana altamente vascularizada • Se extiende a lo largo de las terminaciones próximas de los vasos sanguíneos como **espacio perivascular**

Encéfalo

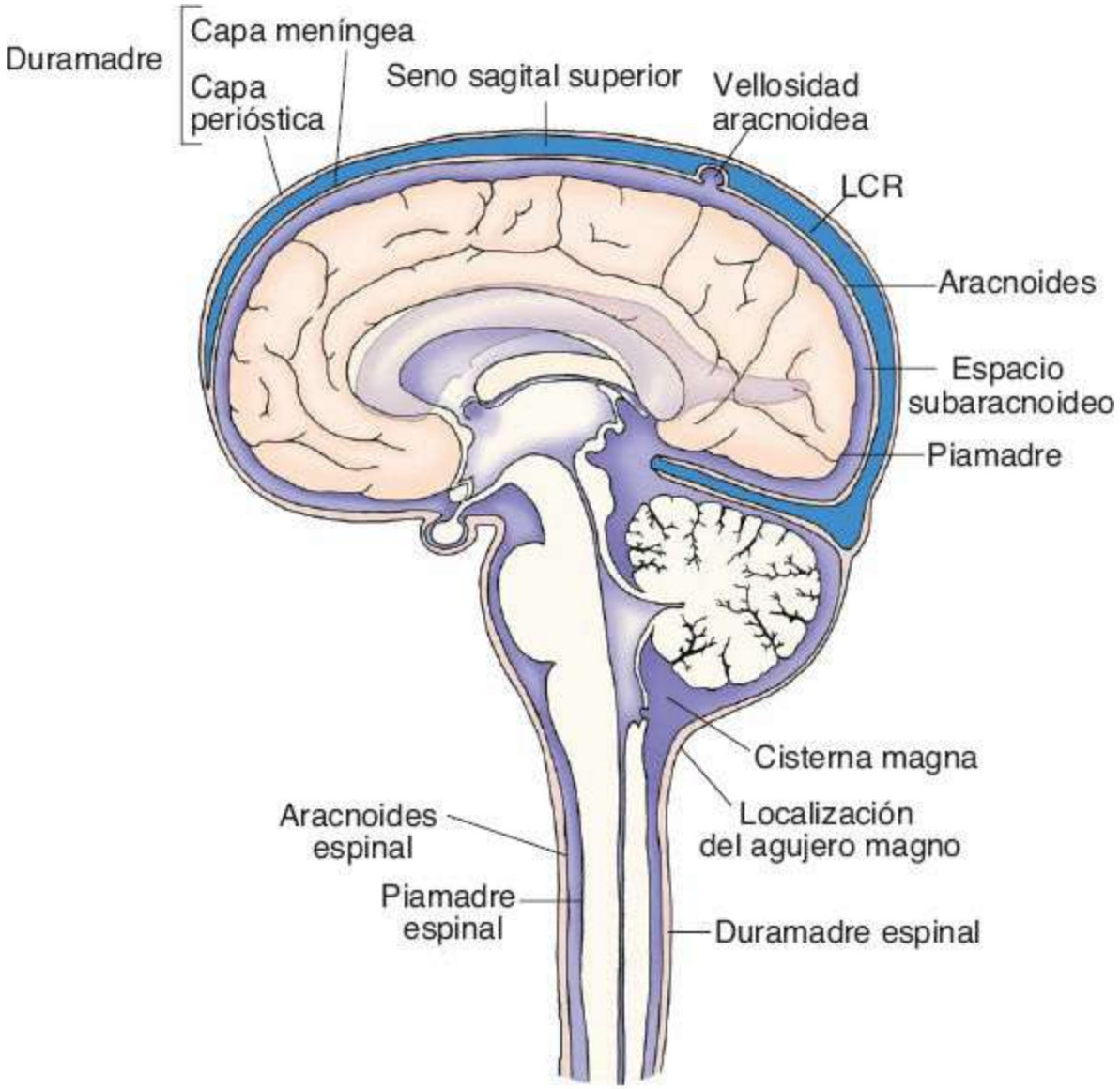


Figura 1-21. Las meninges.

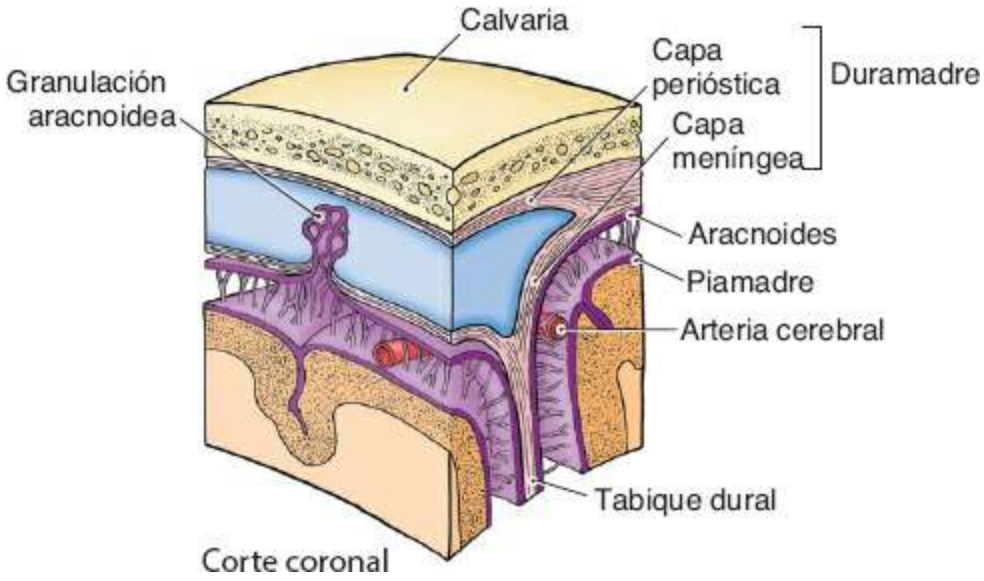


Figura 1-22. Las meninges (vista amplificada).

Relevancia clínica

Inflamación de las meninges: la meningitis puede ser viral, bacteriana o causada por algún otro microorganismo. Se considera grave debido a su capacidad de diseminarse rápidamente por todo el SNC y debido a la proximidad de las meninges al encéfalo y a la médula espinal.

Pliegues y senos durales

En varias áreas de la bóveda craneal, la duramadre se separa en dos capas distintas: una **capa perióstica** que recubre el cráneo y una **capa meníngea** que forma los **tabiques durales** que se extienden en la cavidad craneal entre las partes del encéfalo a manera de soporte (FIG. 1-23). En el borde adjunto de cada uno de los tabiques durales hay un espacio entre las capas meníngea y perióstica de la duramadre: un **seno dural**. Los senos durales son conductos venosos sin válvulas, grandes, revestidos por epéndimo, que reciben el LCR vía las vellosidades aracnoideas.

Tabique	Senos	Descripción
Hoz del cerebro: se localiza en la fisura longitudinal	Seno sagital superior	• Seno largo orientado longitudinalmente que recibe la mayoría de las vellosidades aracnoideas (y el LCR) • Están presentes extensiones laterales, llenas de sangre, llamadas **lagunas laterales** • Termina posteriormente en la **confluencia de los senos**
	Seno sagital inferior	• Se localiza en el borde libre inferior de la hoz del cerebro • Termina uniendo la **gran vena cerebral** para formar el **seno recto**
Tentorio o tienda del cerebelo: se localiza entre los lóbulos occipitales y el cerebelo; divide la bóveda craneal en los compartimientos infra y supratentorial	Seno recto	Termina posteriormente en la confluencia de los senos
	Seno transversal	• La **incisura del tentorio** permite el paso del tallo encefálico desde la región supra a la infratentorial • Comienza en la confluencia de los senos • Termina convirtiéndose en el **seno sigmoideo**, que es continuo con la **vena yugular interna**
Hoz del cerebro: Se localiza entre los hemisferios cerebelosos	Seno occipital	Termina en la parte superior en la confluencia de los senos (inicia inferior a la porción posterior del agujero yugular)

Diafragma selar: diafragma circular sobre la fosa hipofisaria (silla turca) que protege la hipófisis; incluye la abertura que da paso al tallo hipofisario	Seno cavernoso	• Par de senos en cualquier lado de la silla turca, conectado por senos intercavernosos pequeños • Drena en la parte posterior en el **seno petroso superior** (vincula la unión de los senos transversales y sigmoideos) y el **seno petrosal inferior** (sale del cráneo vía el agujero yugular para unir la vena yugular interna) • La pared contiene: NC III, IV, V_1 y V_2 • La luz contiene la arteria carótida interna y el NC VI

Relevancia clínica

Las lesiones que afectan el seno cavernoso (p. ej., rotura de la arteria carótida interna) pueden afectar los nervios que pasan a través de él o de la pared. Los tumores de la hipófisis (glándula pituitaria) pueden comprimir el seno, produciendo síndrome del seno cavernoso, oftalmoplejía o pérdida sensitiva en la cara superior del rostro.

El seno cavernoso está conectado anteriormente con la vena facial a través de las venas oftálmicas; el aumento de la presión en la vena facial (p. ej., por picadura de abeja o infección purulenta) puede ser llevada al seno por la misma presión incrementada.

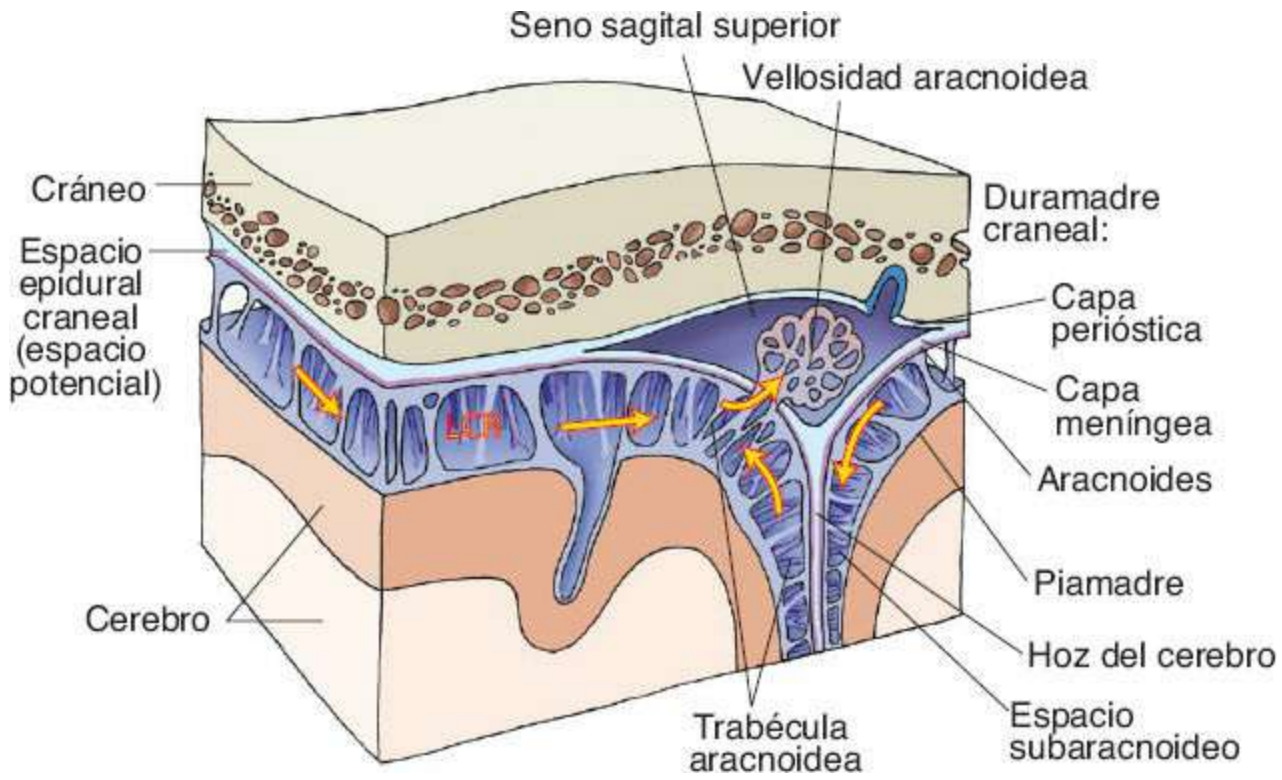


Figura 1-23. Seno sagital superior en la sección frontal.

Meninges y espacios alrededor de la médula espinal

El arreglo de las meninges es similar alrededor de la médula espinal, pero existen varias diferencias; por ejemplo, no hay tabiques y en cambio sí hay un espacio epidural.

Capa (de afuera hacia dentro)	Descripción	Relevancia
Canal vertebral y cubierta perióstica		
Espacio epidural	• Espacio adiposo • Localización del **plexo venoso vertebral interno**	El plexo venoso vertebral interno se conecta en la parte superior con el seno occipital y el plexo basilar y proporciona una vía para la diseminación de la infección a y desde la bóveda craneal. Sirve para colocar anestesia
Duramadre	• Capa externa sólida, no flexible • Se extiende a S2; la parte inferior de la médula espinal es el **saco dural**	• La duramadre que rodea la médula espinal continúa con la capa meníngea de la duramadre en la bóveda craneal
Espacio subdural	• Espacio potencial	Poca relevancia clínica
Aracnoides	• Capa delicada; adherida a la duramadre por presión del LCR y las **células del borde dural** • Parte de las **leptomeninges** con la piamadre	• Avascular • Recubre la duramadre: ambas se extienden cerca de S2, aunque la médula espinal termina en el nivel L1 o L2, creando una **cisterna lumbar** grande
Espacio subaracnoideo	• Espacio lleno de LCR entre la aracnoides y la piamadre • Ampliado	• Atravesado por las **trabéculas aracnoides**, que ayudan a estabilizar la médula espinal
Piamadre	• Parte de las leptomeninges con la aracnoides • Se adhiere a la superficie de la médula espinal	• Membrana altamente vascularizada • Se extiende debajo del cono medular como el filum terminal interno: dentro de la cisterna lumbar; externo: fuera de la cisterna lumbar conectado con el cóccix • 21 pares de extensiones laterales; los ligamentos dentados estabilizan la médula espinal en el canal vertebral
Médula espinal		

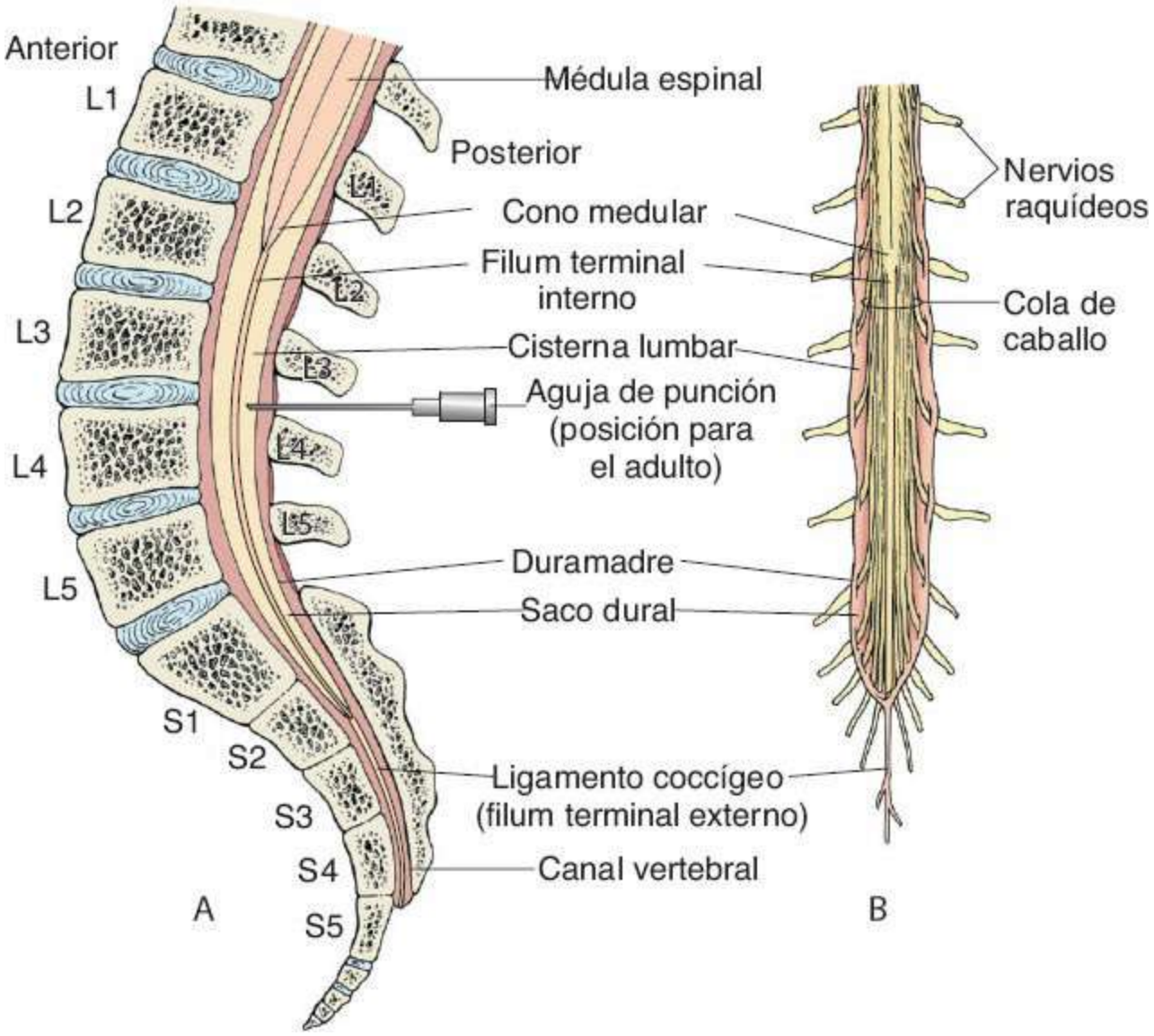


Figura 1-24. **A.** Localización de la punción lumbar. **B.** La cisterna lumbar.

Relevancia clínica

La cisterna lumbar, que contiene el LCR, raíces nerviosas y el filum terminal, es un lugar excelente para extraer LCR para su análisis (punción lumbar) porque no hay peligro de dañar la médula espinal en ese sitio (FIG. 1-24).

En el bloqueo del nervio paravertebral, se inyectan anestésicos en el espacio epidural espinal, como se hace en el trabajo de parto.

VENTRÍCULOS Y LÍQUIDO CEFALORRAQUÍDEO

Los ventrículos se forman como dilataciones del tubo neural dentro del encéfalo y

funcionan como venas sin válvulas revestidas con epéndimo. Cada ventrículo contiene el plexo coroideo, que consiste en un epitelio vascularizado, altamente contorneado que produce LCR (FIG. 1-25).

VENTRÍCULOS (PRESENTADOS SEGÚN EL ORDEN QUE REPRESENTA EL FLUJO DEL LCR)

Ventrículo	Relevancia
Lateral (2)	• Localizado dentro de los hemisferios cerebrales • Cinco porciones 1. Asta (frontal) anterior: localizada en el lóbulo frontal 2. Cuerpo: en lóbulos frontales y parietales 3. Asta (temporal) inferior: situada en el lóbulo temporal 4. Asta (occipital) posterior: ubicada en los lóbulos parietales y occipitales 5. Trígono: unión del cuerpo; astas posteriores e inferiores
	Agujeros interventriculares (dos; de Monro)
Tercero	Cavidad fina en la línea media situada entre los tálamos
	Acueducto cerebral
Cuarto	Entre el cerebelo y el tallo encefálico
	Agujeros laterales (dos; de Luschka) y agujero medio (de Magendie)
	Espacio subaracnoideo

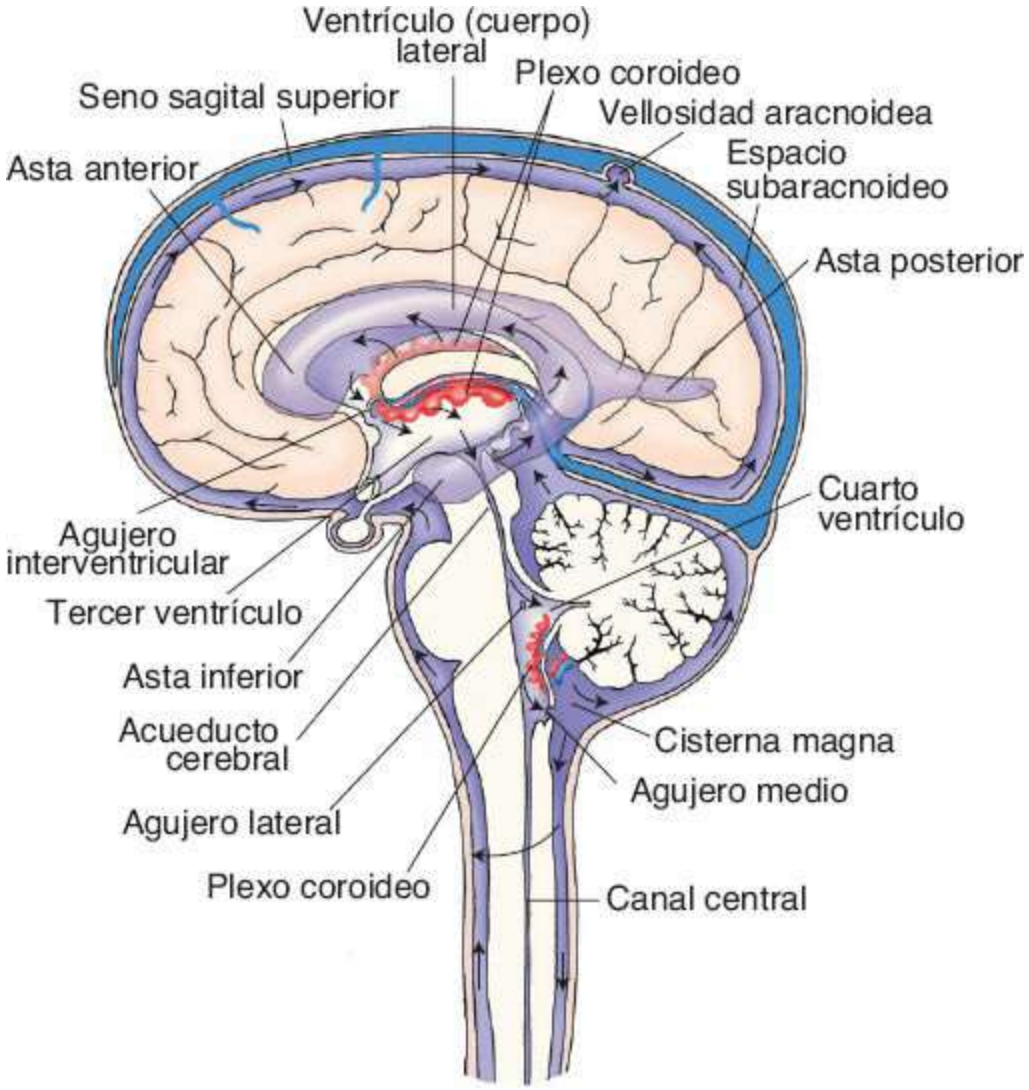


Figura 1-25. Flujo del líquido cefalorraquídeo.

Conceptos complementarios

El LCR es un líquido transparente producido por el plexo coroideo a una tasa de 500 a 700 mL/día. Hay un total de cerca de 150 mL en el SNC a la vez; da sostén al SNC, transporta las hormonas, actúa como amortiguador y extrae desechos. El LCR fluye a través del sistema ventricular al espacio subaracnoideo y a la circulación sistémica por medio de las vellosidades aracnoideas.

Relevancia clínica

El trígono del ventrículo lateral incluye una cresta grande de plexo coroideo, el **glomo**, el cual se calcifica en los adultos dando lugar a un punto de referencia útil en la imageneología encefálica.

La obstrucción de los agujeros interventriculares o del acueducto cerebral conduce a

la hidrocefalia, o líquido en el encéfalo, porque se interrumpe el drenaje del LCR mientras que su producción continúa.

IRRIGACIÓN SANGUÍNEA

La irrigación sanguínea al encéfalo proviene de dos pares separados de arterias: las vertebrales y las carótidas internas.

VASOS SANGUÍNEOS DEL ENCÉFALO

Arteria	Origen	Descripción
Carótida interna (2)	Carótida común	Principal fuente de sangre del encéfalo
Vertebral (2)	Vena subclavia	• Da lugar a las arterias basilar, cerebelosa posterior-inferior, y espinal anterior (y posterior) • Irriga meninges, tallo encefálico y cerebelo
Cerebral anterior	Carótida interna	Irriga la cara medial de los hemisferios cerebrales
Cerebral media		Irriga la cara lateral de los hemisferios cerebrales
Cerebral posterior	Basilar	Irriga la cara inferior de los hemisferios cerebrales
Basilar	Vertebral	• Da origen a las arterias cerebelosa inferior anterior, laberíntica, pontina, cerebelosa superior y cerebral posterior • Irriga el tallo encefálico, el cerebelo y el cerebro
Comunicante anterior	Cerebral anterior	Forma parte del círculo arterial cerebral
Comunicante posterior	Une las arterias cerebrales posteriores y medias	• Forma parte del círculo arterial cerebral • Irriga el pedúnculo cerebral, la cápsula interna y el tálamo
El drenaje venoso sigue el patrón arterial y es generalmente indirecto, al drenar primero a los senos durales y después a las venas.		

Conceptos complementarios

El **círculo arterial cerebral** (de Willis) está situado en la base del encéfalo y es la anastomosis entre los sistemas carotídeo interno y vertebrobasilar (FIG. 1-26). Está formado por las arterias cerebral posterior, comunicante posterior, carótida interna, cerebral anterior y comunicante anterior (FIG. 1-27).

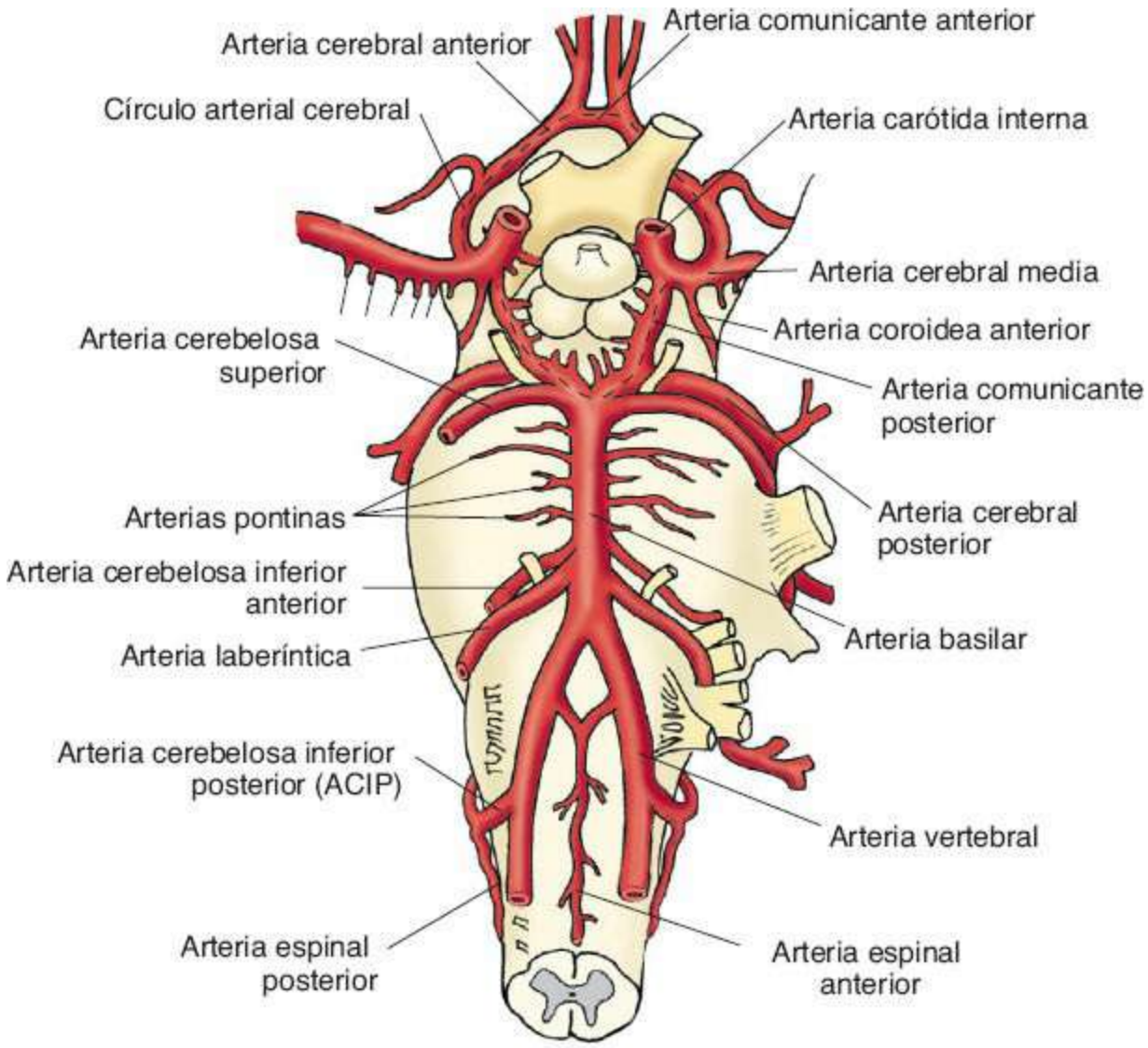
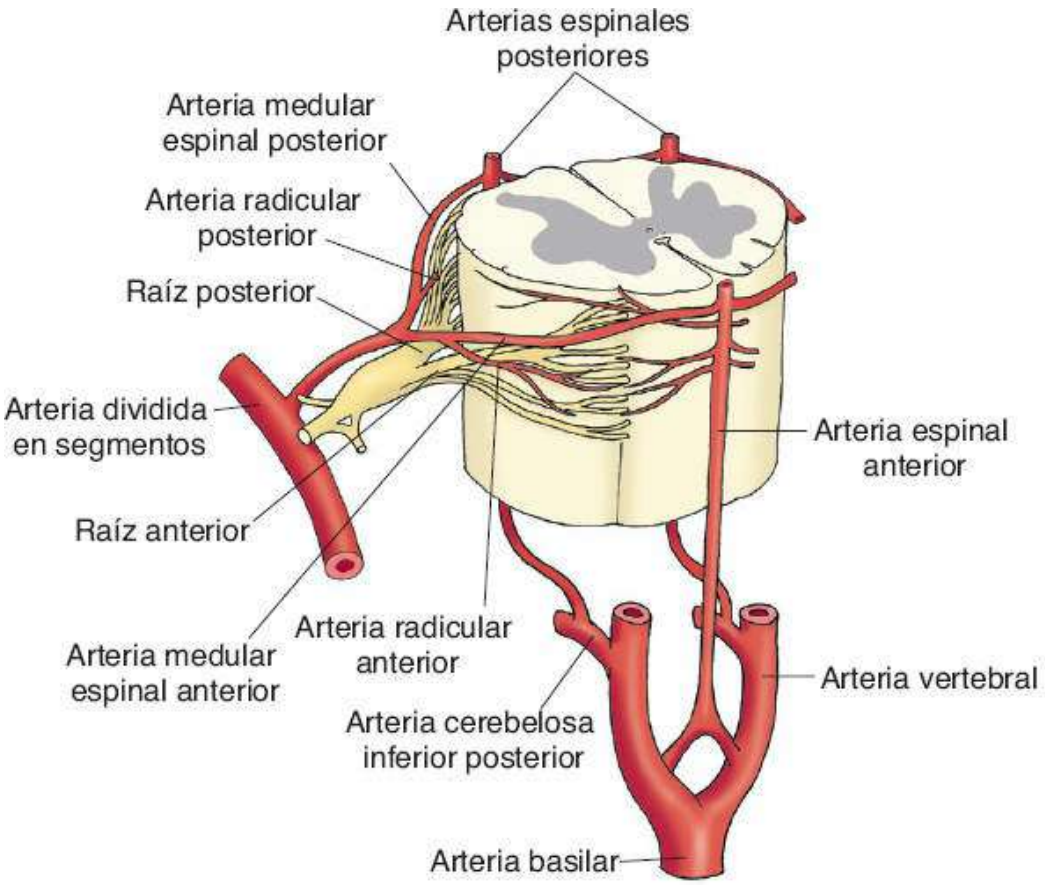


Figura 1-26. Irrigación arterial del encéfalo.


Arterias espinales posteriores
Arteria medular espinal posterior
Arteria radicular posterior
Raíz posterior
Arteria dividida en segmentos
Arteria espinal anterior
Raíz anterior
Arteria radicular anterior
Arteria medular espinal anterior
Arteria vertebral
Arteria cerebelosa inferior posterior
Arteria basilar

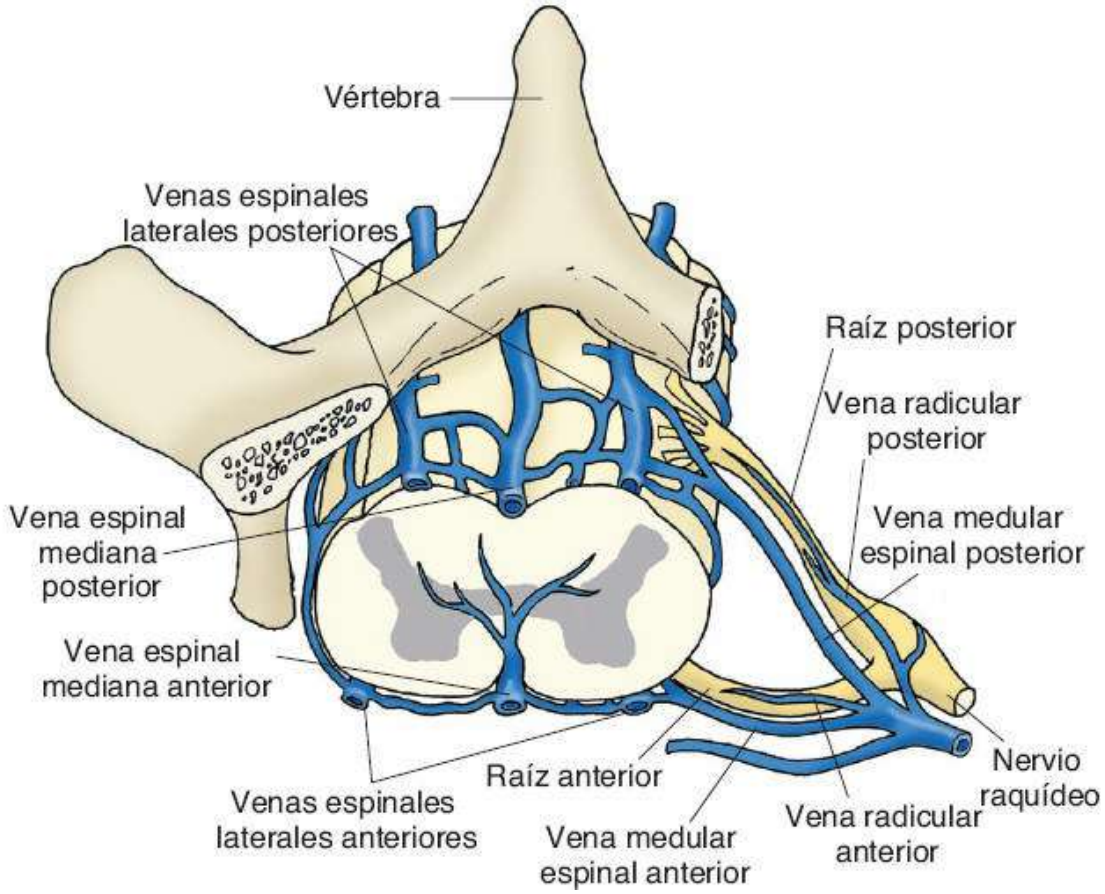

Vértebra
Venas espinales laterales posteriores
Raíz posterior
Vena radicular posterior
Vena medular espinal posterior
Vena espinal mediana posterior
Vena espinal mediana anterior
Nervio raquídeo
Raíz anterior
Venas espinales laterales anteriores
Vena medular espinal anterior
Vena radicular anterior

Figura 1-27. Venas de la médula espinal.

Relevancia clínica

La rotura de una arteria que irriga el encéfalo se conoce como *ictus* (accidente cerebrovascular) y se manifiesta habitualmente con una función neurológica deteriorada. En ocasiones hay obstrucciones causadas por émbolos (trombos) que bloquean el flujo arterial, los cuales se pueden originar localmente o a distancia (el corazón).

VASOS DE LA MÉDULA ESPINAL

Arteria	Origen	Descripción
Vertebral	Subclavia	Da lugar a las arterias espinales anterior y posterior
Espinal anterior	Vertebral	Irriga los 2/3 anteriores de la médula espinal en la parte superior
Espinal posterior (2)	Vertebral	Irriga el 1/3 anterior de la médula espinal en la parte superior
Segmentaria	Cervical ascendente, cervical profunda, vertebral, intercostal posterior y lumbar	• Irriga la médula espinal y las cubiertas de manera segmentaria • Anastomosis con las arterias espinales
Radicular: anterior y posterior	Segmentaria	Raíces nerviosas y meninges asociados
Medular		• Variable pero frecuente en la región de las ampliaciones cervicales y sacrolumbares • Irriga las raíces nerviosas y las meninges asociadas • Irrigación complementaria de las arterias espinales
Vena	**Terminación**	**Descripción**
Espinal anterior (3) Espinal posterior (3)	Drenada por las venas medulares y radiculares	• Generalmente irrigación arterial paralela • Drena eventualmente en el plexo venoso vertebral interno
Medular Radicular	Drena en el plexo venoso vertebral interno	
Plexo venoso vertebral interno	Drena en los senos durales de la bóveda craneal	• Se comunica con el plexo venoso externo en la cara externa de las vértebras • Posible vía de infección que se expande desde la bóveda craneal

NEUROTRANSMISORES

Los neurotransmisores son las moléculas que envían una señal de una neurona a un efector (es decir, neurona o célula muscular) a través de una sinapsis. La **sinapsis** está compuesta por la membrana presináptica de la neurona, la hendidura sináptica y la membrana postsináptica. Pueden ser químicos (neurotransmisores de uso) o eléctricos, que consisten en uniones comunicantes y paso de iones.

NEUROTRANSMISORES COMUNES DEL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL

Categoría	Neurotransmisor	Efecto
Aminoácidos	Glutamato	Excitatorio
	GABA y glicina	Inhibitorio
Aminas biogénicas	Dopamina	Excitatorio (receptores D_1) inhibitorio (receptores D_2)
	Norepinefrina y epinefrina	Excitatorio
	Serotonina	Excitatorio o inhibitorio
Purinas	Trifosfato de adenosina (ATP)	Excitatorio o modulatorio
Neuropéptidos	Sustancia P	Excitatorio
	Opioides	Inhibitorio
	Acetilcolina	Excitatorio

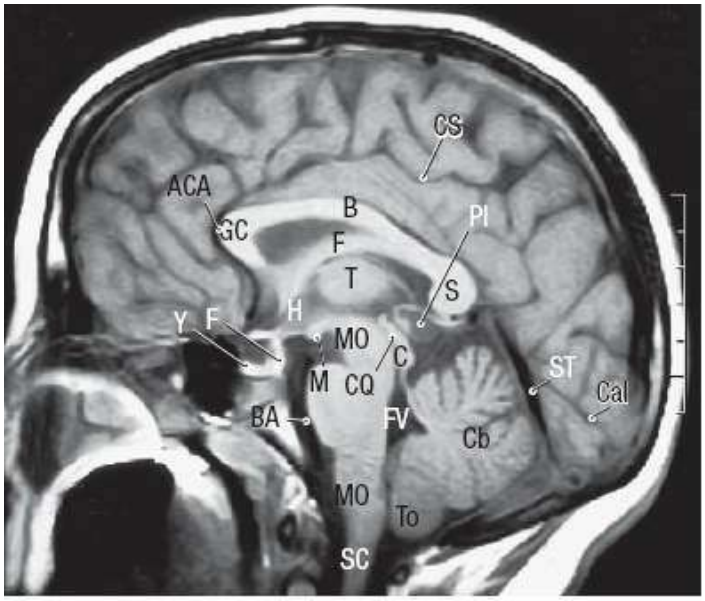
Conceptos complementarios

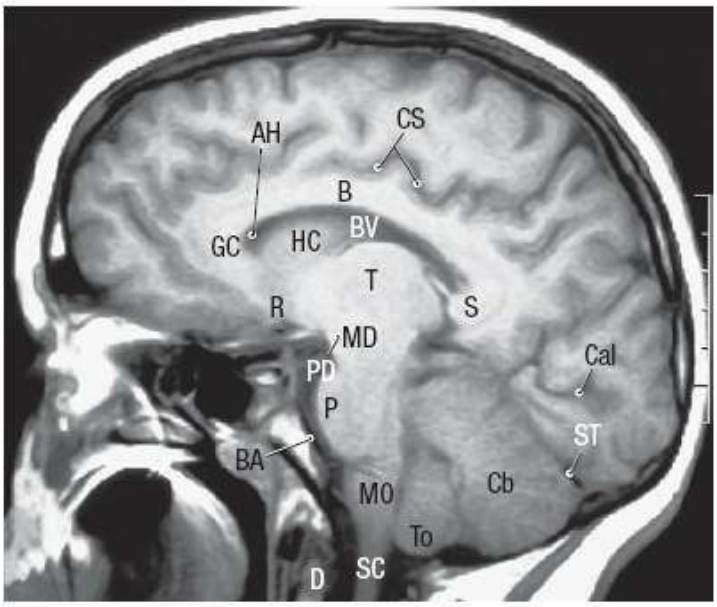
El glutamato es el neurotransmisor excitatorio más común del SNC; el GABA y la glicina son los neurotransmisores inhibitorios más comunes.

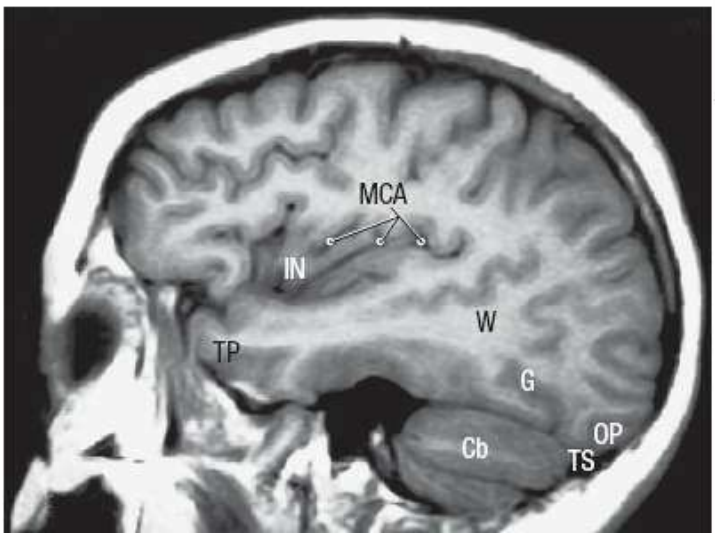
La acetilcolina es utilizada por el sistema nervioso autónomo y en la unión neuromuscular.

ATLAS DE IMAGENOLOGÍA

ACA Arteria cerebral anterior AH Asta anterior del







ACA	Arteria cerebral anterior
AH	Asta anterior del ventrículo lateral
B	Cuerpo del cuerpo calloso
BA	Arteria basilar
BV	Cuerpo del ventrículo lateral
C	Colículos
Cal	Surco calcarino
Cb	Cerebelo
CQ	Acueducto cerebral
CS	Surco cingular
D	Diente (proceso odontoide)
F	Fórnix
FV	Ventrículo cuarto
G	Corteza cerebral (sustancia gris)
GC	Rodilla del cuerpo calloso
H	Hipotálamo
HC	Cabeza del núcleo caudado
I	Infundíbulo
IN	Corteza insular
M	Cuerpo mamilar
MCA	Arteria cerebral media
MD	Mesencéfalo
OP	Polo occipital
P	Puente
PD	Pedúnculo cerebral
PI	Glándula pineal
R	Pico del cuerpo calloso
S	Rodete del cuerpo calloso
SC	Médula espinal
ST	Seno recto
T	Tálamo
To	Amígdala cerebelosa
TP	Polo temporal
TS	Seno transversal
W	Sustancia blanca
Y	Hipófisis

Cortes sagitales

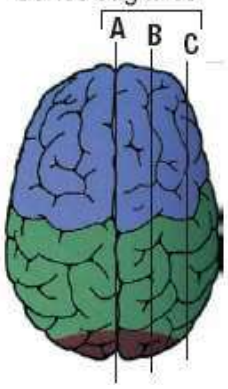


Figura 1-28. Imágenes sagitales de resonancia magnética del encéfalo.

El sistema sensitivo 2

CUERPO

El sistema somatosensitivo consiste en los receptores periféricos, las redes neurales y las partes del encéfalo implicadas en la percepción sensorial.

Tipos de somatosensación

- Dolor y temperatura
- Tacto: fino y grueso
- Sentido vibratorio
- Propiocepción: consciente e inconsciente (reflejo)

Cadena de tres neuronas

El sistema somatosensitivo utiliza una cadena de tres neuronas (con algunas excepciones) para transmitir información desde la periferia hasta la corteza cerebral para su interpretación y procesamiento.

Neurona	Ubicación del cuerpo celular	Funciones
Primer orden	Ganglios espinales o ganglios sensitivos de la cabeza	Transmite la sensación desde la periferia al SNC
Segundo orden	Dentro del sistema nervioso central (SNC); la sustancia gris de la médula espinal o del tallo cerebral (o encefálico)	Normalmente da origen a las fibras que cruzan la línea media para llegar al tálamo
Tercer orden	En el tálamo	Transmite la sensación desde el tálamo a la corteza cerebral

Conceptos complementarios

La cadena de neuronas ascendentes envía las colaterales del axón a mediar los reflejos y afecta a otros sistemas ascendentes y descendentes, un concepto importante para la modulación del dolor.

El sistema anterolateral

El dolor, la temperatura y el tacto grueso ascienden por la médula espinal como parte del **sistema anterolateral** localizado en el aspecto anterior del cordón lateral y en el aspecto lateral del **cordón anterior** (FIG. 2-1).

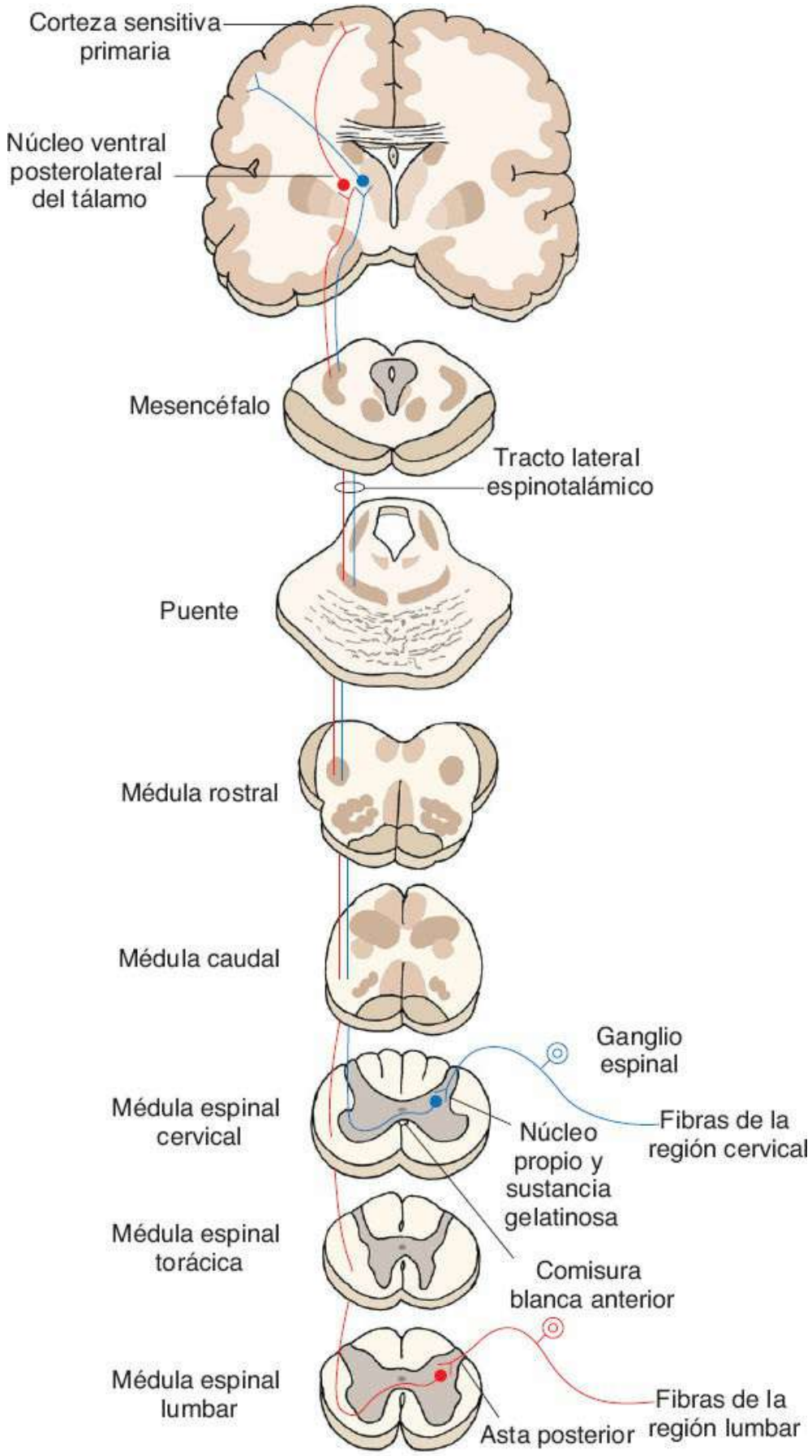

Corteza sensitiva primaria
Núcleo ventral posterolateral del tálamo
Mesencéfalo
Tracto lateral espinotalámico
Puente
Médula rostral
Médula caudal
Ganglio espinal
Médula espinal cervical
Fibras de la región cervical
Núcleo propio y sustancia gelatinosa
Médula espinal torácica
Comisura blanca anterior
Médula espinal lumbar
Fibras de la región lumbar
Asta posterior

Figura 2-1. El sistema anterolateral.

Sentido/tracto	Descripción	Funciones
Dolor y temperatura/ espinotalámico lateral	• Los procesos axonales periféricos de las neuronas de primer orden acaban con terminaciones nerviosas libres; los procesos axonales centrales entran al **tracto posterolateral** (de Lissauer); hacen sinapsis en las neuronas de segundo orden en el asta posterior de la médula espinal, incluyendo la **sustancia gelatinosa** y el **núcleo propio**. • Las neuronas de segundo orden decusan a través de la **comisura blanca anterior** y ascienden como el tracto espinotalámico lateral; envían las colaterales del axón a la **formación reticular** del tallo encefálico; terminan en el núcleo ventral posterolateral (VPL) del tálamo. • Las neuronas de tercer orden en el núcleo VPL del tálamo se proyectan hacia el giro postcentral del encéfalo: la corteza sensitiva primaria (áreas 3, 1, 2) a través del brazo anterior y posterior de la **cápsula interna**.	• Median la comezón, el dolor y la temperatura • Organizados somatotópicamente • Importantes en la localización de los estímulos • Llegan a la conciencia
Tacto grueso/ espinotalámico anterior	• Los procesos axonales periféricos de las neuronas de primer orden acaban en terminaciones nerviosas libres y sobre los discos de Merkel; los procesos axonales centrales hacen sinapsis de las neuronas de segundo orden en el asta posterior de la médula espinal. • Las neuronas de segundo orden decusan a través de la comisura blanca anterior y ascienden como el tracto espinotalámico anterior; envían las colaterales del axón a la formación reticular del tallo encefálico; terminan en el núcleo VPL del tálamo. • Las neuronas de tercer orden en el núcleo VPL del tálamo se proyectan hacia el giro postcentral: la corteza sensitiva primaria (áreas 3, 1, 2) a través del brazo posterior de la cápsula interna.	• Median el tacto ligero • Llegan a la conciencia
Dolor, temperatura y tacto/espinorreticular	• Los cuerpos celulares dentro del SNC se encuentran en la sustancia gris intermedia y en las astas anterior y posterior. • Se proyectan a múltiples contactos sinápticos dentro de la formación reticular del tallo encefálico. • Gran parte del tracto está compuesto de las colaterales del axón a partir de fibras espinotalámicas.	Implicación en el ajuste del nivel de atención a la sensación entrante

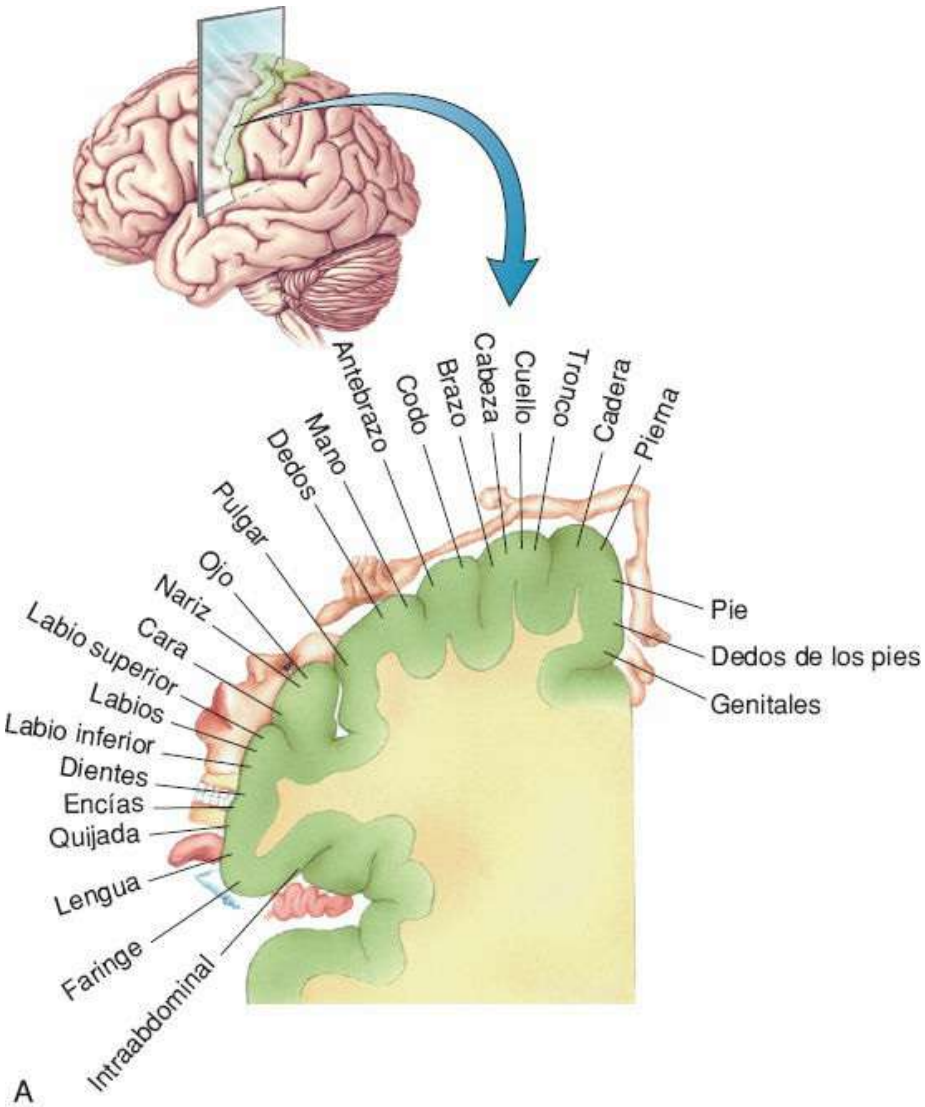
Dolor/espino-hipotalámico	• Los cuerpos celulares dentro del SNC se encuentran en la sustancia gris intermedia y en las astas anterior y posterior. • Se proyectan para esparcir los núcleos hipotalámicos.	Influyen en la respuesta autonómica al dolor entrante
Dolor, temperatura y tacto/espinotectal	• Las fibras que forman parte del sistema anterolateral terminan en los **colículos superiores** e **inferiores**.	Influyen en el movimiento reflexivo de la cabeza ante el dolor
Dolor/espino-mesencefálico	• Las fibras se derivan de las células en el asta posterior y ascienden como parte del sistema anterolateral.	Influyen en los mecanismos descendentes de control del dolor

Mecanismos descendentes de control del dolor

Los mecanismos descendentes de control del dolor están constituidos por diversas vías descendentes que sirven para inhibir la información ascendente del dolor. La teoría más comúnmente aceptada es la teoría de la **puerta de control** del dolor, la cual indica que, en cada punto de la vía ascendente de dolor, es posible que una fibra descendente inhiba la señal ascendente del dolor (es decir, actúe como una "puerta" para la transmisión). Dichos puntos incluyen la inhibición local en la médula espinal, en la formación reticular del tallo encefálico y en el tálamo.

Conceptos complementarios

La corteza sensitiva primaria tiene una organización somatotópica, que se esquematiza con el homúnculo: una representación del cuerpo sobrepuesto en la corteza sensitiva primaria que indica la relación desproporcionada de algunas partes del cuerpo sobre otras (p. ej., la mano contra la espalda) (FIG. 2-2).


Antebrazo
Codo
Brazo
Cabeza
Cuello
Tronco
Cadera
Pierna
Mano
Dedos
Pulgar
Ojo
Nariz
Cara
Labio superior
Labios
Labio inferior
Dientes
Encías
Quijada
Lengua
Faringe
Intraabdominal
Pie
Dedos de los pies
Genitales
A

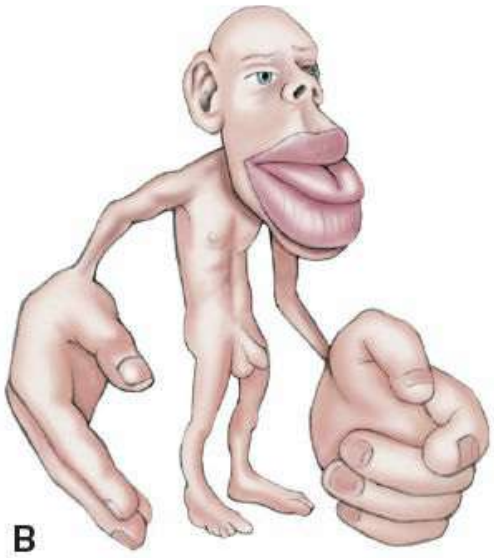

B

Figura 2-2. **A.** Mapa somatotópico de la superficie del cuerpo en la corteza somatosensitiva primaria. **B.** Homúnculo somatosensitivo.

Tractos cerebelosos para el cuerpo

La información entra en el cerebelo desde la médula espinal y el tallo encefálico, y es utilizada por el cerebelo para coordinar los movimientos. La información incluye el tacto, la presión y la propiocepción inconsciente proveniente de los husos musculares y los órganos tendinosos de Golgi.

Tracto	Descripción	Funciones
Espinocerebeloso anterior (FIG. 2-3)	• Los procesos axonales periféricos de las neuronas de primer orden terminan en los **órganos tendinosos de Golgi** y los husos musculares; los procesos axonales centrales entran a la raíz posterior para hacer sinapsis en las **células del borde espinal** alrededor del asta anterior entre los niveles L1 y S2 de la médula. • Las neuronas de segundo orden dan origen a las fibras que decusan en la comisura blanca anterior y ascienden en el cordón lateral como el **tracto espinocerebeloso anterior**; las fibras decusan (de regreso hacia el lado de origen) a medida que entran en el cerebelo a través del **pedúnculo cerebeloso superior**. • Las fibras ascienden a la corteza cerebelosa como **fibras musgosas**.	• Información propioceptiva inconsciente para el control de los grupos de músculos y la coordinación de las extremidades inferiores • Actúa como brazo aferente de reflejos de estiramiento
Espinocerebeloso posterior (FIG. 2-4A)	• Los procesos axonales periféricos de las neuronas de primer orden terminan en los órganos tendinosos de Golgi y en los husos musculares, principalmente en las extremidades inferiores; los procesos axonales centrales entran en la raíz posterior para hacer sinapsis en las neuronas de segundo orden en el **núcleo torácico posterior**. • Las neuronas de segundo orden se encuentran en el núcleo torácico posterior, que se ubican sólo entre los niveles C8 y L3 de la médula; los procesos ascendentes suben por el cordón lateral homolateral como el **tracto espinocerebeloso posterior** y entran al cerebelo a través del **pedúnculo cerebeloso inferior**. • Las fibras ascienden hacia la corteza cerebelosa como fibras musgosas.	• Información propioceptiva inconsciente de coordinación fina y control de los músculos individuales • Actúa como brazo aferente de los reflejos de estiramiento • Los tractos espinocerebeloso posterior (extremidades inferiores) y cuneocerebeloso (extremidades superiores) son homólogos
Cuneocerebeloso (FIG. 2-4B)	• Los procesos axonales periféricos de las neuronas de primer orden terminan en los órganos tendinosos de Golgi y en los husos musculares, principalmente en las extremidades superiores; los procesos axonales centrales entran al fascículo cuneiforme para ascender y hacer sinapsis en la médula en el **núcleo cuneiforme accesorio** (lateral). • Las neuronas de segundo orden se encuentran en el núcleo accesorio cuneiforme; dan origen a fibras que entran en el cerebelo homolateral a través del pedúnculo cerebeloso inferior.	

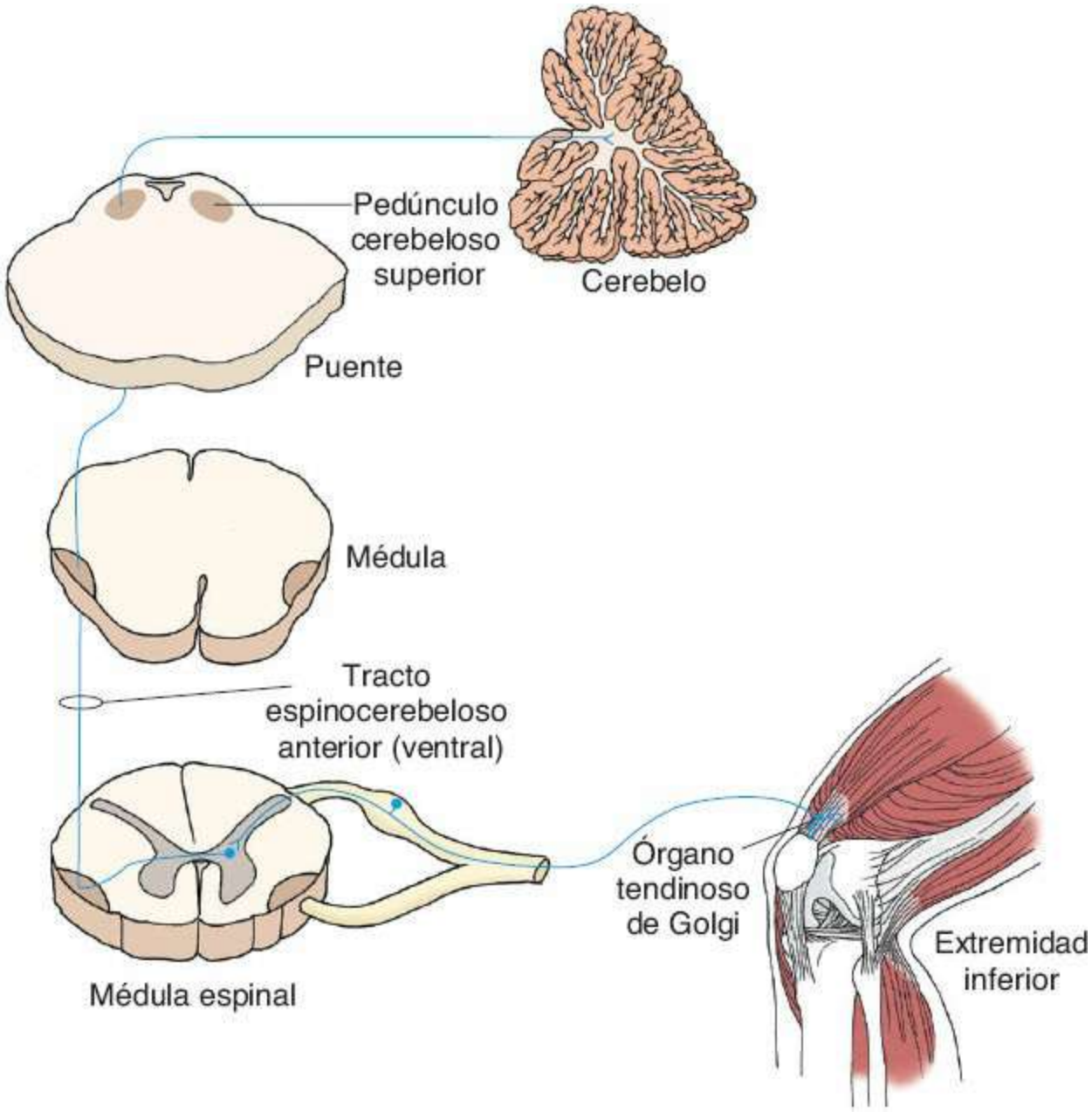


Figura 2-3. Tracto espinocerebeloso anterior.

El núcleo torácico posterior también es conocido por su epónimo, el **núcleo dorsal (de Clarke)**.

Conceptos complementarios

Curiosamente, no hay un homólogo bien definido para el tracto espinocerebeloso anterior para las extremidades superiores. Es probable que esto se deba a que hacemos relativamente poco trabajo en "grupo" con la musculatura de los miembros superiores, tal como ocurre cuando se está de pie o caminando.

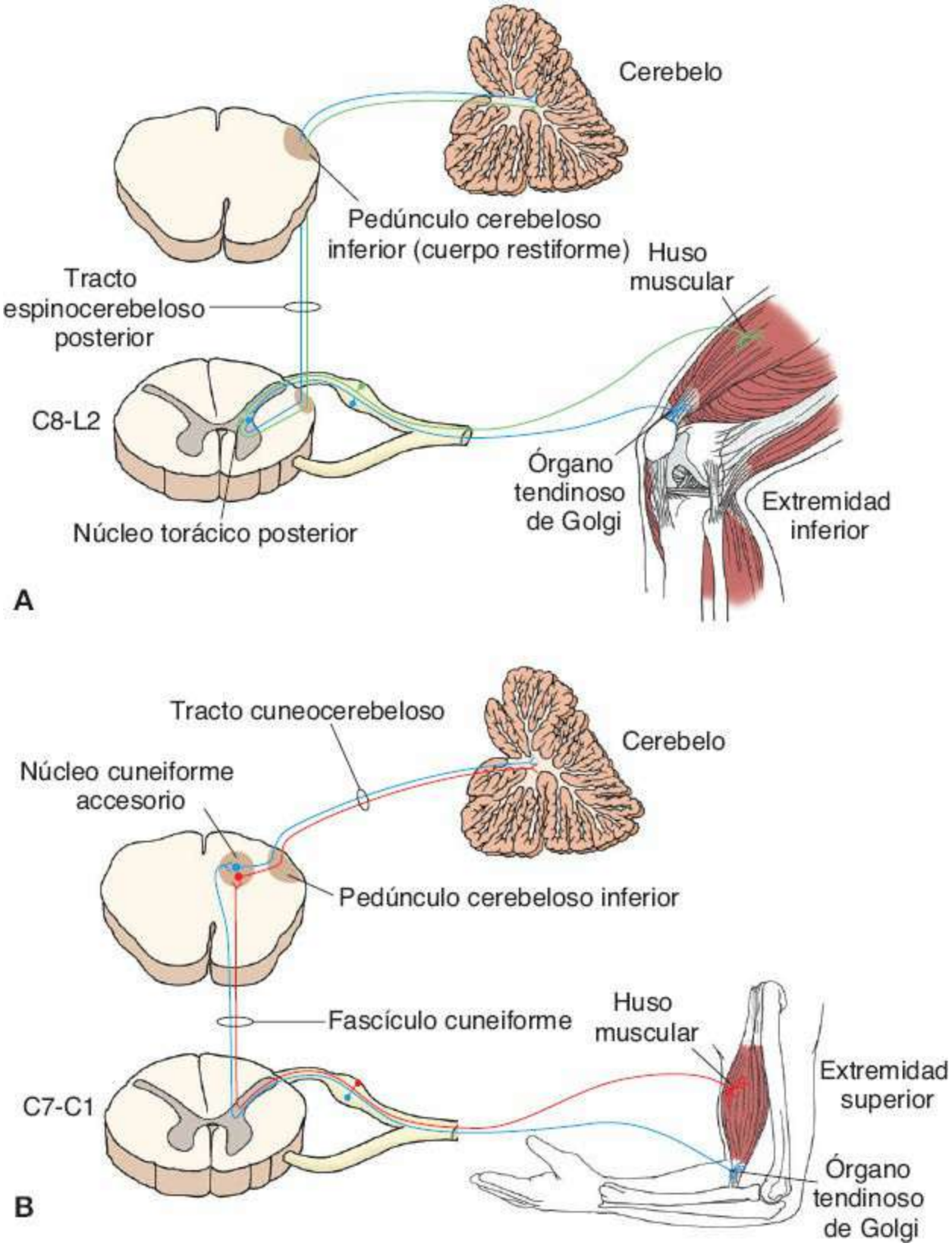


Figura 2-4. **A.** Tracto espinocerebeloso posterior. **B.** Tracto cuneocerebeloso.

Columnas posteriores

Tracto	Descripción	Funciones
Columnas posteriores (FIG. 2-5)	• Los procesos axonales periféricos de las neuronas de primer orden inervan los **corpúsculos de Meissner**, los **corpúsculos de Pacini**, los órganos tendinosos de Golgi y los husos musculares; los procesos axonales centrales desde la extremidad inferior se organizan somatotópicamente y ascienden como el **fascículo grácil**; los de la extremidad superior forman el **fascículo cuneiforme**; terminan en las células de segundo orden en el núcleo grácil y cuneiforme en la médula. • Los procesos axonales de las neuronas de segundo orden cruzan la línea media como **fibras arcuatas internas** en el nivel de la **decusación sensitiva** en la médula caudal; las fibras cruzadas se organizan somatotópicamente para formar el **lemnisco medial**, el cual termina en el núcleo VPL del tálamo. • Las neuronas de tercer orden en el núcleo VPL del tálamo se proyectan hacia el giro postcentral: la corteza sensitiva primaria (áreas 3, 1, 2) a través del brazo posterior de la cápsula interna.	• Transmiten información sobre tacto fino, propiocepción consciente y sentido vibratorio

Conceptos complementarios

A diferencia de otros sistemas sensitivos, las vías de la columna posterior no envían las colaterales del axón a la formación reticular del tallo encefálico al proyectarse cranealmente. La información ascendente sobre el tacto fino no inicia un mecanismo reflexivo de control del dolor, y dichas vías no necesitan "activar" la corteza.

CABEZA

Sistema sensitivo del trigémino

El sistema sensitivo del trigémino es responsable de todas las diferentes modalidades sensitivas de la cara y gran parte de la cabeza, excepto los sentidos especiales (FIG. 2-6).

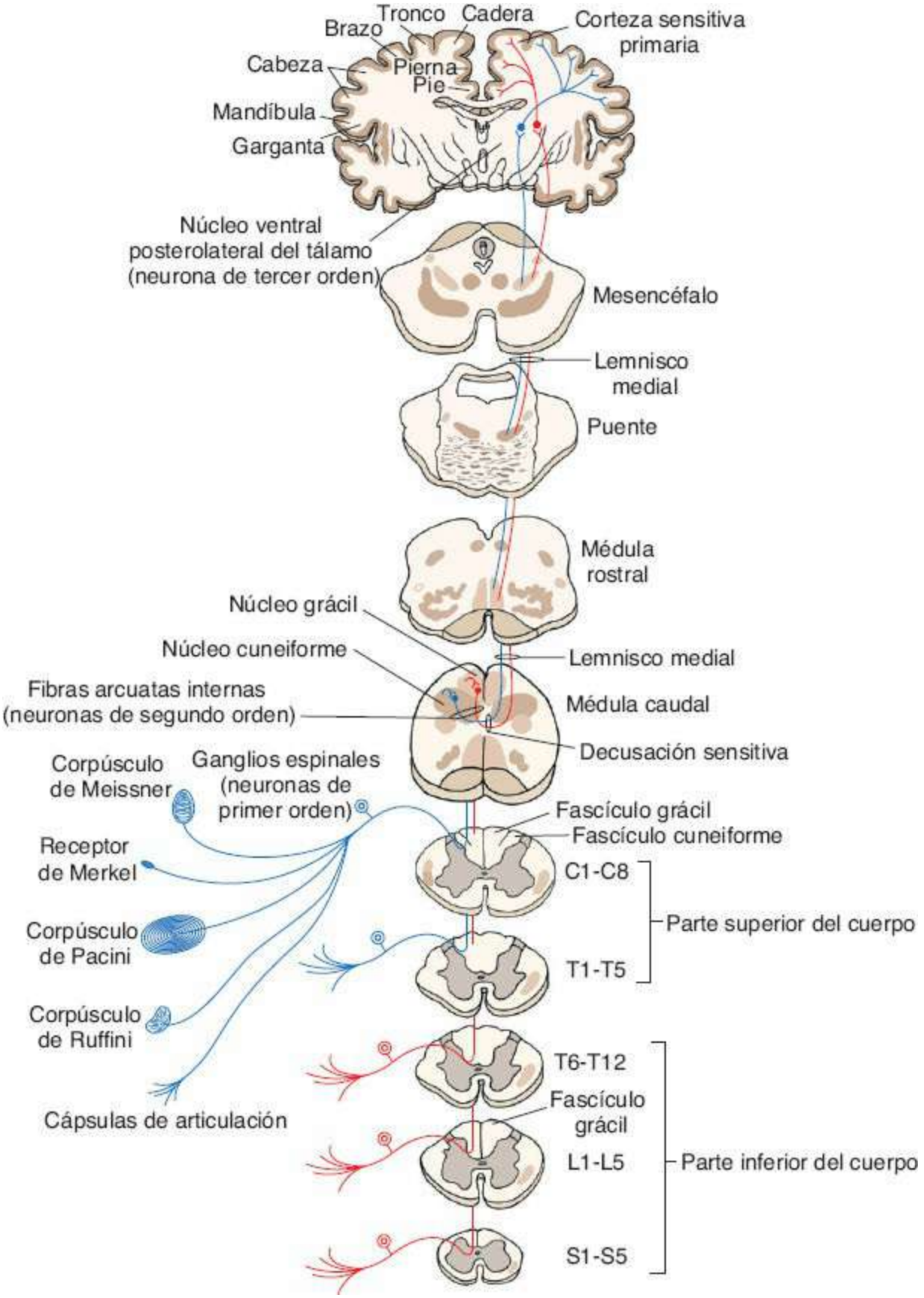

Tronco
Cadera
Brazo
Corteza sensitiva primaria
Cabeza
Pierna
Pie
Mandíbula
Garganta
Núcleo ventral posterolateral del tálamo (neurona de tercer orden)
Mesencéfalo
Lemnisco medial
Puente
Médula rostral
Núcleo grácil
Núcleo cuneiforme
Lemnisco medial
Fibras arcuatas internas (neuronas de segundo orden)
Médula caudal
Decusación sensitiva
Corpúsculo de Meissner
Ganglios espinales (neuronas de primer orden)
Fascículo grácil
Fascículo cuneiforme
Receptor de Merkel
C1-C8
Parte superior del cuerpo
Corpúsculo de Pacini
T1-T5
Corpúsculo de Ruffini
T6-T12
Fascículo grácil
Cápsulas de articulación
L1-L5
Parte inferior del cuerpo
S1-S5

Figura 2-5. Ruta del lemnisco medial de la columna posterior.

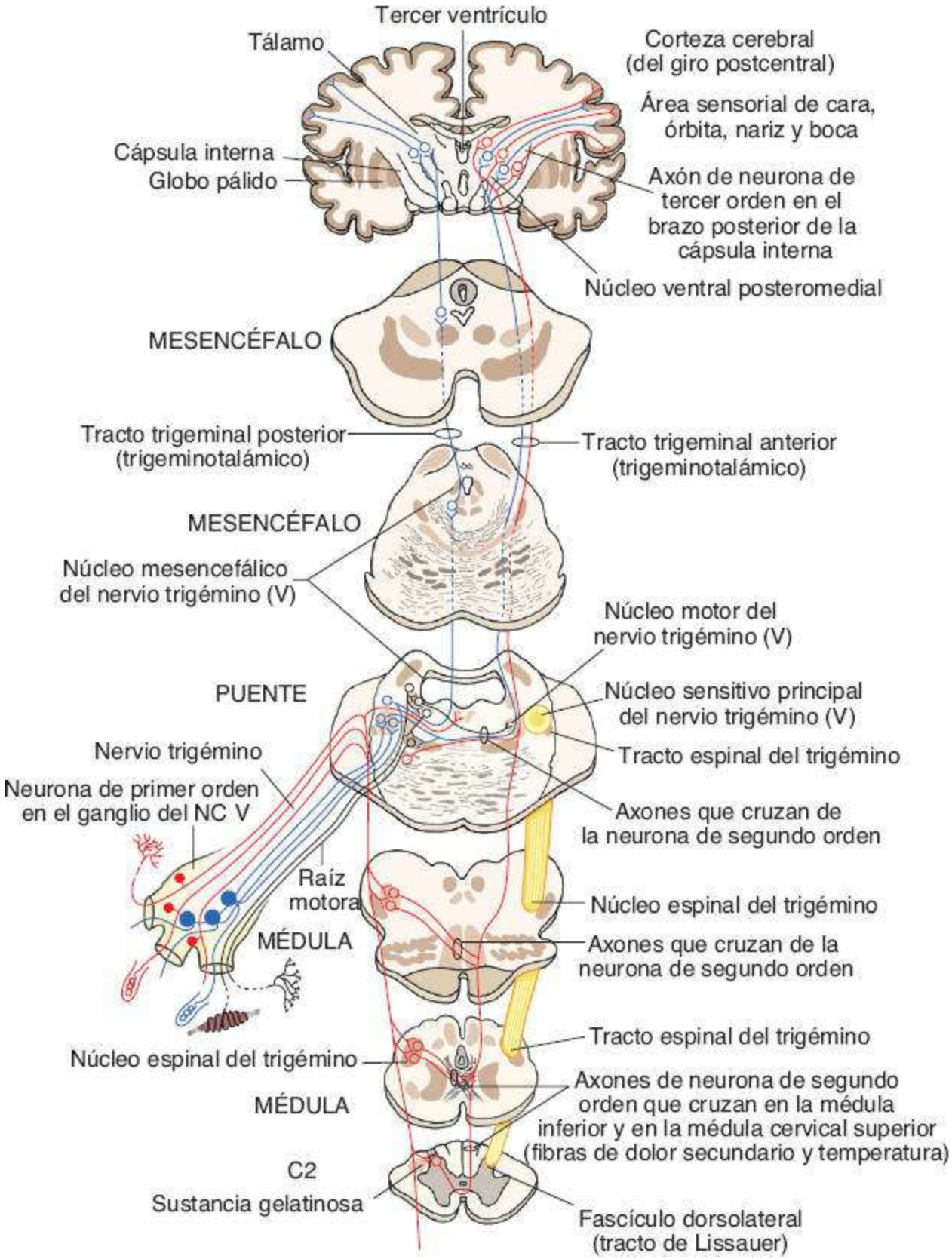


Figura 2-6. Sistema sensitivo del trigémino.

Sentido/estructura	Descripción	Funciones
Dolor, temperatura y tacto/Tracto y núcleo espinales del trigémino	• Los procesos axonales periféricos de las neuronas de primer orden acaban como terminaciones nerviosas libres o discos de Merkel; los cuerpos celulares de primer orden están en los ganglios del trigémino, geniculado, glosofaríngeo o vago; los procesos axonales centrales se introducen en el tallo encefálico a través de los nervios trigémino (NC V), facial (CN VII), glosofaríngeo (NC IX) o vago (NC X); las fibras ascienden o descienden a través del **tracto espinal del trigémino** para hacer sinapsis en las neuronas de segundo orden del **núcleo espinal del trigémino** (C3-puente medio), ubicado en la parte media inmediata al tracto. • Las fibras de segundo orden cruzan la línea media para ascender al núcleo ventral posteromedial (VPM) del tálamo como el **tracto trigemino-talámico anterior**; las fibras también envían colaterales del axón a la formación reticular del tallo encefálico. • Las neuronas de tercer orden en el núcleo VPM del tálamo se proyectan hacia el giro postcentral: la corteza sensitiva primaria (áreas 3, 1, 2) a través del brazo posterior de la cápsula interna.	• El tracto espinal del trigémino es un homólogo del tracto posterolateral • El tracto espinal del trigémino permite a los procesos centrales de primer orden ascender o descender: dolor, el tercio caudal; tacto, los 2/3 craneales
Tacto fino, propiocepción consciente y sentido vibratorio/ Ganglio del trigémino	• Los procesos axonales periféricos de las neuronas de primer orden inervan los corpúsculos de Pacini y de Meissner; los cuerpos celulares de primer orden están en los ganglios del trigémino, geniculado, glosofaríngeo o vago; los procesos axonales centrales terminan en neuronas de segundo orden en el **núcleo sensitivo principal**. • Las fibras de segundo orden cruzan la línea media para ascender como parte del tracto trigeminotalámico anterior al núcleo VPM del tálamo; las fibras de la región oral viajan bilateralmente; aquellas que viajan homolateralmente forman el **tracto trigeminotalámico posterior** pequeño para terminar en el tálamo homolateral. • Las neuronas de tercer orden en el núcleo VPM del tálamo se proyectan hacia el giro postcentral: la corteza sensitiva primaria (áreas 3, 1, 2) a través del brazo posterior de la cápsula interna.	• Funciona de forma similar a las columnas posteriores de la médula espinal • El núcleo sensitivo principal también es conocido como el **núcleo sensitivo maestro**

Propiocepción inconsciente/ tracto y núcleo mesencefálico	• Las fibras periféricas de las células en el **núcleo mesencefálico** inervan los husos de músculos y órganos tendinosos de Golgi. • Los procesos axonales centrales se proyectan en el cerebelo e inervan el **núcleo motor del trigémino** para mediar los reflejos y la masticación.	Interviene en la propiocepción inconsciente o refleja desde la articulación temporomandibular, los ligamentos periodontales y la musculatura facial

Conceptos complementarios

El ganglio trigémino es homólogo a un ganglio espinal, al contener los aferentes primarios seudounipolares. También es conocido como el ganglio **semilunar** o **gasseriano**.

Los nervios craneales V, VII, IX y X aportan fibras sensitivas a la oreja, la cavidad del oído medio (NC IX) y el oído externo (NC V, IX y X).

El núcleo mesencefálico es la única población de cuerpos celulares de primer orden y seudounipolares en el SNC. Es importante en el reflejo maseterino y es utilizado por los seres humanos principalmente cuando son lactantes, para el amamantamiento.

Sistema motor 3

SISTEMA PIRAMIDAL

El sistema motor voluntario se compone de fibras de sustancia blanca que descienden desde el encéfalo hacia la periferia. Normalmente incluye una cadena de dos neuronas: una motoneurona superior (MNS) que se encuentra en el sistema nervioso central (SNC) y una motoneurona inferior (MNI) que estimula efectores en la periferia (FIG. 3-1).

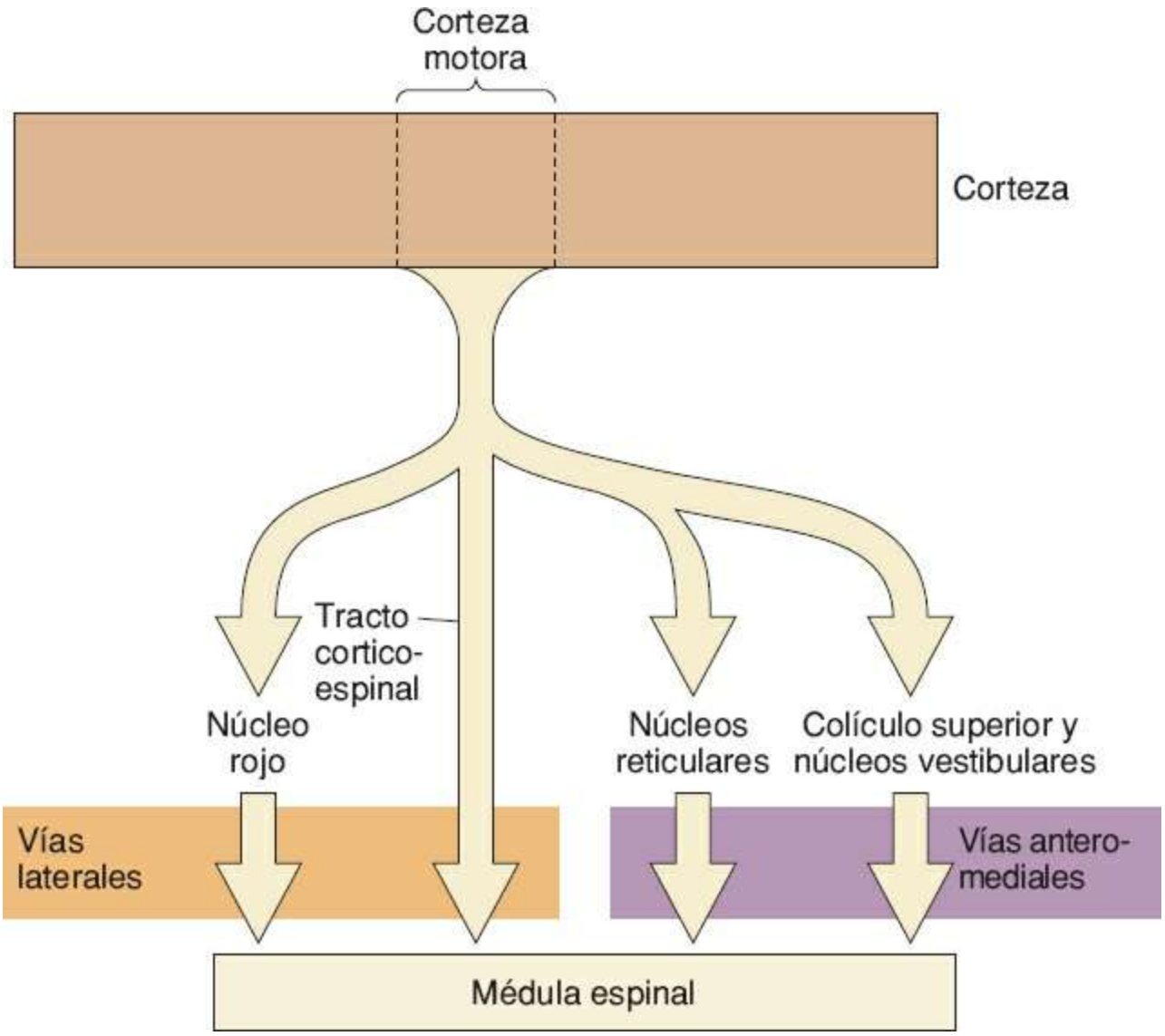


Figura 3-1. Control motor descendente.

SISTEMA PIRAMIDAL: VÍAS MOTORAS VOLUNTARIAS

Tracto	Descripción	Función
Cuerpo axial corticoespinal anterior	• MNS situada en la corteza motora primaria, giro precentral: área de Brodmann 4; la MNS recibe entrada (*input*) de la corteza de asociación y de la premotora, así como de los núcleos talámicos relacionados con el control motor • Las fibras de la MNS descienden a través de la cápsula interna • El 90% de las fibras corticoespinales decusan en la decusación piramidal; el 10% restante cruzan en la médula espinal a la altura de las MNI que inervan	• Controla la musculatura axial • La mayoría de las fibras decusan en la médula espinal (comisura blanca anterior) • Terminan en la MNI en la **zona intermedia medial** en todos los niveles de la médula espinal
Cuerpo distal corticoespinal lateral		• Controla la musculatura distal • Las fibras decusan en la médula caudal en el cruce piramidal • Terminan en la MNI en el asta anterior en todos los niveles de la médula espinal • Los colaterales del axón que se proyectan a los núcleos basales, el tálamo y la formación reticular, son responsables de la superposición motora • Organizado somatotópicamente
Cabeza y cara corticonuclear (corticobulbar)	Las MNS descienden bilateralmente, aunque la mayoría de las fibras se proyectan al objetivo de la MNI contralateral	• Las MNS hacen sinapsis en el tallo cerebral o encefálico (y médula cervical) sobre los núcleos MNI asociados con los nervios craneales (NC): III, IV, V, VI, VII, IX, X, XI y XII • Control bilateral*

* La excepción al control bilateral es que la inervación del núcleo motor facial es contralateral sólo para el aspecto inferior de la cara; las partes superiores del núcleo que controlan el aspecto superior de la cara están inervadas bilateralmente.

Conceptos complementarios

La corteza motora primaria tiene una organización somatotópica que está esquematizada por el homúnculo: una representación del cuerpo sobrepuesto en la corteza motora primaria, que indica la relación desproporcionada de algunas partes del cuerpo sobre otras (p. ej., la mano contra la parte posterior) (FIG. 3-2).

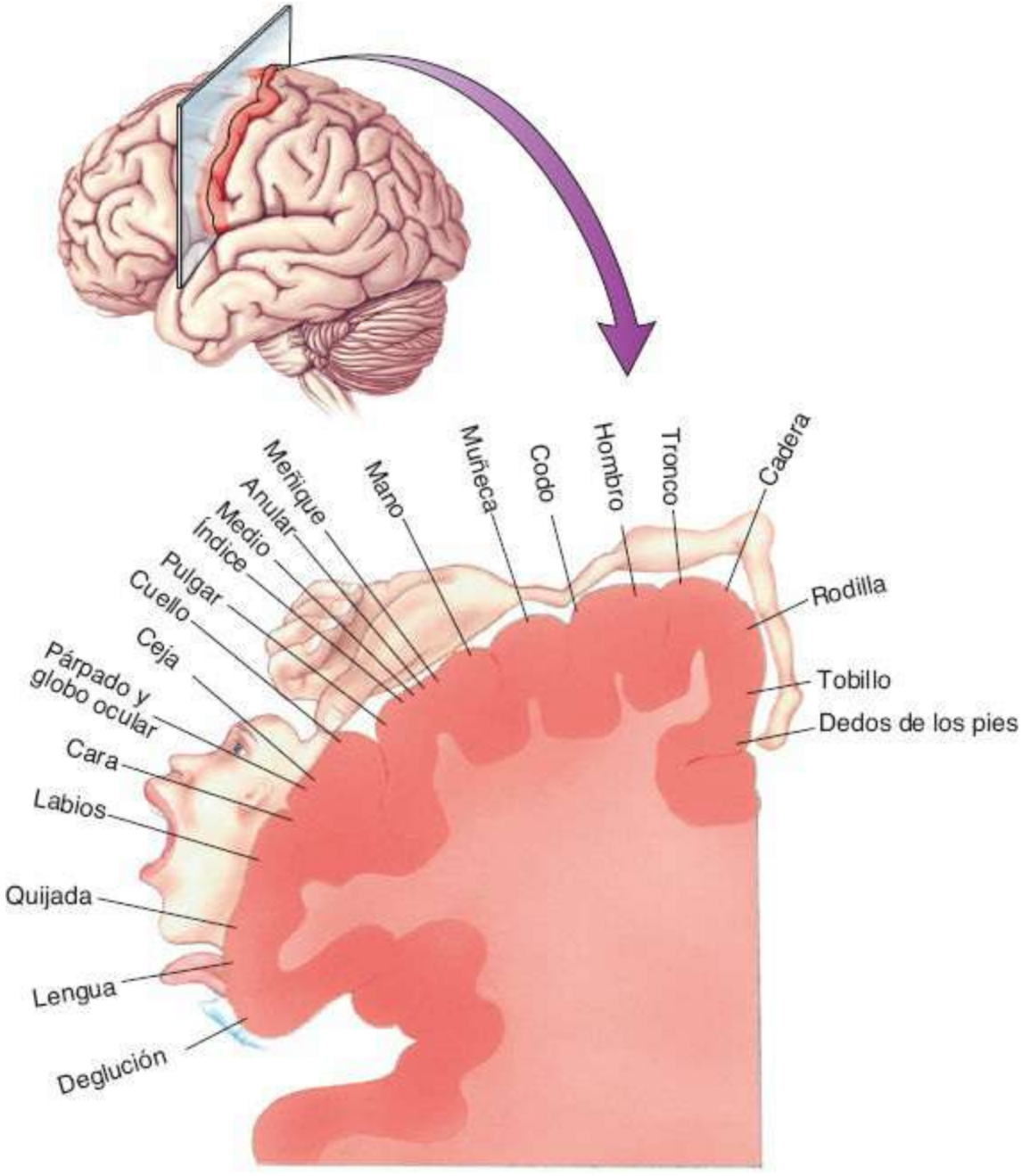


Figura 3-2. Homúnculo motor.

SISTEMA EXTRAPIRAMIDAL

SISTEMA EXTRAPIRAMIDAL: VÍAS DE CONTROL MOTOR INVOLUNTARIAS (FIG. 3-3)		
Tracto	**Descripción**	**Función**
Tectoespinal	• Las MNS situadas en el techo del mesencéfalo; **colículos** superiores e inferiores • Las fibras descienden al cordón anterior contralateral a través de la cara antero-medial de la sustancia blanca de la médula espinal • Terminan en las MNI de la médula espinal cervical	• Transmite los impulsos del reflejo de rotación de la cabeza en respuesta a estímulos visuales y auditivos • Las fibras cruzan en la línea media en el cruce tegmental, lo que tiene como principal resultado el control contra-lateral
Reticuloespinal: pontino y medular	• MNS en la formación reticular del tallo encefálico; puente y médula • Fibras pontinas homolaterales • Fibras medulares bilaterales	• Se proyectan a todos los niveles de la médula espinal • Control inconsciente de cabeza, cuello y cuerpo
Vestibulo-espinal: medial y lateral	• MNS en el núcleo vestibular lateral del puente y el núcleo vestibular medial de la médula • Recibe la señal de los mecanorreceptores del oído interno • La vía lateral vestibulo-espinal es homolateral; la vía intermedia es bilateral • Ambas vías descienden por la médula anteromedial	• Las vías vestibuloespinales la-terales hacen sinapsis en las MNI en toda la médula • Las vías vestibuloespinales mediales viajan a través del fascículo longitudinal medial para hacer sinapsis sobre las MNI en el aspecto inter-medio de la médula cervical • Ambas vías participan en el movimiento de la cabeza y el mantenimiento de la postura

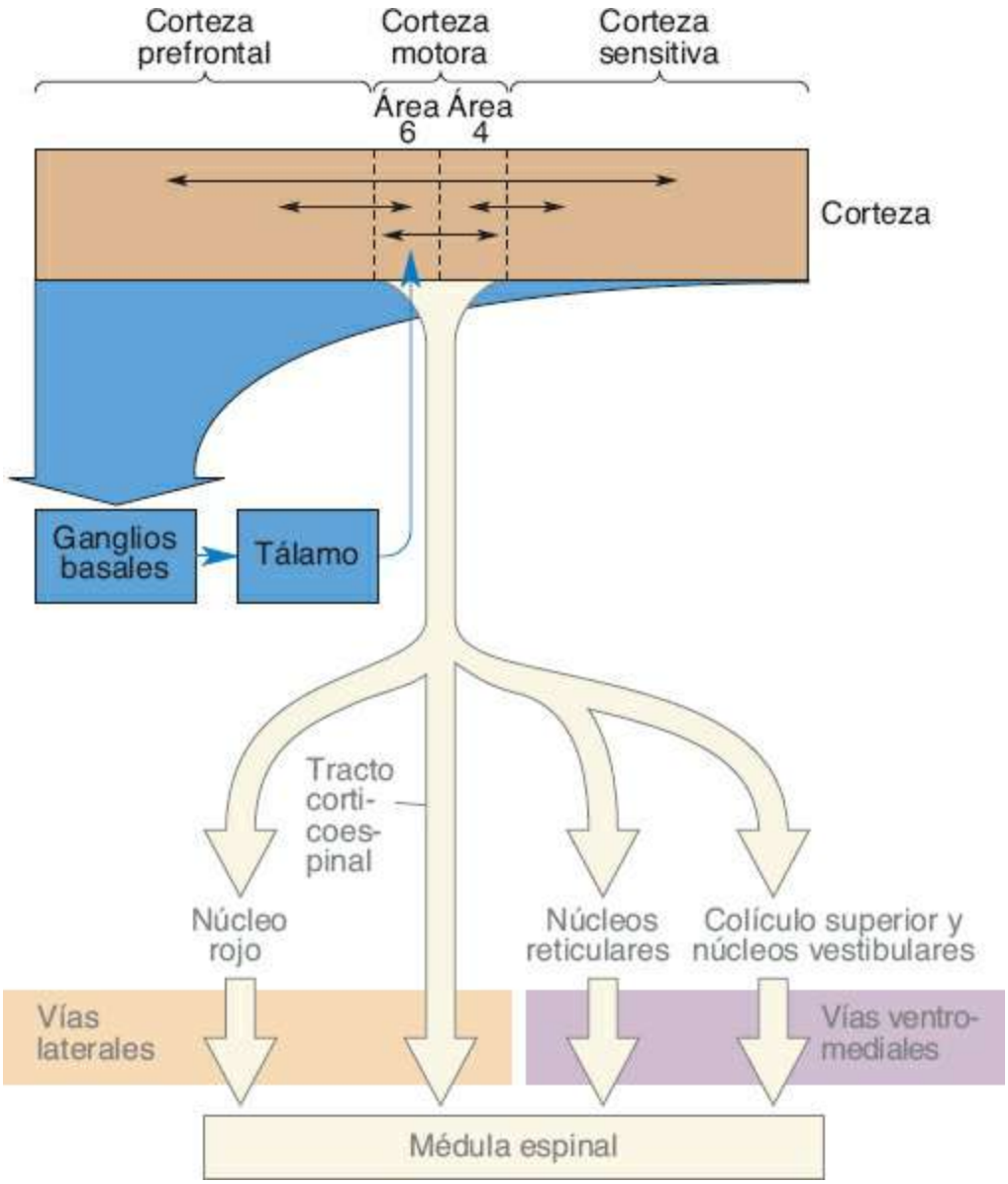


Figura 3-3. Sistema motor extrapiramidal.

Núcleos (ganglios) basales

Los núcleos basales, un cúmulo de núcleos subcorticales involucrados en la actividad motora voluntaria y estereotipada, son el sistema de control "maestro" del sistema motor extrapiramidal (FIG. 3-4). Generalmente hay dos vías a través de los ganglios basales, un activador del movimiento, la vía directa, y un inhibidor del movimiento, la vía indirecta (FIG. 1-4). Los núcleos basales no cuentan con ninguna proyección directa a la médula espinal; por el contrario, ejercen su influencia de manera indirecta.

Estructura	Descripción	Función
Cuerpo estriado (dorsal)	• Caudado + Putamen = Cuerpo estriado • Recibe la entrada de todas las regiones del cerebro y del tálamo • Salida (*output*) al globo pálido y a la sustancia negra	• La actividad del cuerpo estriado inhibe la actividad del globo pálido y de la sustancia negra • Influye en el sistema piramidal por medio de conexiones indirectas
Globo pálido	• Forma la parte más medial del núcleo lentiforme (el putamen forma el aspecto lateral) • Dividido en parte interna y externa por la lámina medular • Recibe la entrada del cuerpo estriado y del núcleo subtalámico • La parte externa se proyecta al núcleo subtalámico a través del fascículo subtalámico • La parte interna se proyecta al tálamo a través del fascículo talámico (fascículo lenticular y asa lenticular)	Salida principal de los núcleos basales
Sustancia negra*	• Dividida en una parte compacta y una parte reticulada; la parte compacta está compuesta por células pigmentadas con melanina • Ambas partes tienen conexiones recíprocas con el cuerpo estriado a través de los tractos nigroestriado y estriadonigro • La parte reticulada se proyecta al tálamo	• La pérdida de neuronas dopaminérgicas de la parte compacta provoca trastornos del movimiento; la dopamina regula la actividad a través de los núcleos basales • La dopamina proveniente de la sustancia negra tiene una influencia excitatoria sobre los receptores D1 en el cuerpo estriado, lo que facilita la vía directa, mientras que la dopamina inhibe los receptores D2, inhibiendo la actividad a través de la vía indirecta
Núcleo subtalámico *	• Parte del diencéfalo • Recibe entrada de influencia inhibitoria del globo pálido • Proyecta entrada excitatoria al segmento interno del globo pálido	Regula la actividad a través de los núcleos basales

* Grupos de células asociadas funcionalmente a los núcleos basales.

Relevancia clínica

La pérdida de las células dopaminérgicas en la sustancia negra parte compacta está implicada en las enfermedades de Parkinson y de Huntington.

El daño en el núcleo subtalámico se traduce en balismo, que consiste en sacudidas violentas de las extremidades. El daño al cuerpo estriado conduce a movimientos continuos incontrolados bilaterales, a gran escala, principalmente en las extremidades, llamados *corea*.

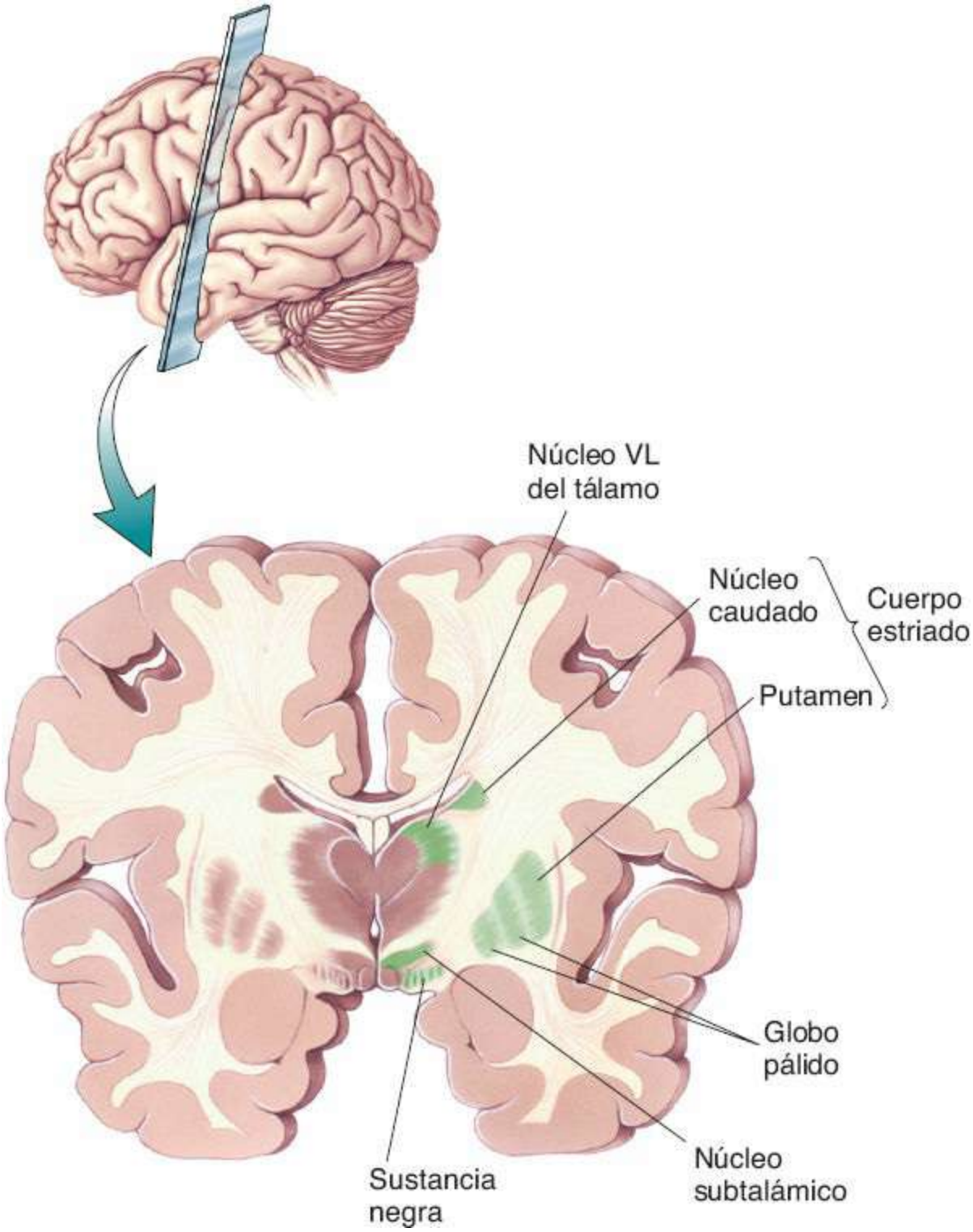


Figura 3-4. Los núcleos basales.

SISTEMA NERVIOSO AUTÓNOMO

El sistema nervioso se puede dividir en un sistema somático y un sistema nervioso

autónomo (SNA); el sistema autónomo o eferente visceral controla los músculos involuntarios –liso y cardíaco– y las glándulas en todo el cuerpo. La actividad autonómica es controlada por el hipotálamo, que es responsable de la integración del SNA y del sistema endocrino para mantener la homeostasis. El SNA se bifurca en una división simpática y otra parasimpática (FIG. 3-5). El cuerpo de la célula preganglionar se encuentra en el SNC y el de la célula posganglionar se localiza en un ganglio periférico para ambos sistemas.

División	Descripción	Función
Simpática	• Conocida como *división toracolumbar* debido a la ubicación de los cuerpos de células preganglionares • Las neuronas preganglionares utilizan acetilcolina como su neurotransmisor; las posganglionares usan noradrenalina • Los cuerpos celulares preganglionares, localizados en la **columna celular intermediolateral** (T1-L2), se proyectan a través de los ramos comunicantes grises hacia el **tronco simpático** o los **ganglios paravertebrales** o a través de los ramos comunicantes blancos hacia los ganglios prevertebrales localizados dentro del plexo aórtico y de ahí hacia los **nervios torácicos, lumbares** o **esplácnicos sacros**	• Responsable del control del estado de estrés: confrontación o huida • Da lugar a un fuerte gasto de energía • Afecta a gran cantidad de estructuras: (1) dilatador de pupilas: dilata las pupilas; (2) glándulas salivales: aumenta la viscosidad de la saliva y disminuye el flujo sanguíneo a las glándulas salivales, produciendo menos saliva; (3) corazón: acelera el ritmo y la fuerza; (4) vasos sanguíneos: vasoconstricción; (5) bronquiolos: broncodilatación; (6) tubo digestivo: inhibe la motilidad; (7) sistema reproductivo: eyaculación; y (8) aparato urinario: activación
Parasimpática	• Conocida como *división craneosacra* debido a la ubicación de los cuerpos de células preganglionares • Cuerpos celulares preganglionares de la división craneal situados en el tallo encefálico, asociados con los NC: 1. III: Núcleo preganglionar: **accesorio oculomotor** (Edinger-Westphal); cuerpos celulares posganglionares ubicados en el **ganglio ciliar**	• Responsable del control del estado de reposo; descanso y reposo

Parasimpática	2. VII: Núcleo preganglionar: **salivatorio superior**; cuerpos celulares posganglionares ubicados en los ganglios **submaxilar** y **pterigopalatino** 3. IX: Núcleo preganglionar: **salivatorio inferior**; cuerpos celulares posganglionares ubicados en el ganglio **ótico** 4. X: Núcleo preganglionar: **núcleo motor dorsal del nervio vago**; cuerpos celulares posganglionares situados en la pared del órgano diana en el tórax y el abdomen; inervación parasimpática hasta el colon transverso medio • Los cuerpos celulares preganglionares de la división sacra, situados en la médula espinal sacra S2-S4, suministran inervación parasimpática distal al colon transverso medio y a los órganos de la pelvis; las fibras preganglionares viajan en los **nervios esplácnicos pélvicos** hacia los ganglios intramurales en la pared del órgano diana • Los cuerpos celulares pre y posganglionares utilizan **acetilcolina** como neurotransmisor	• Responsable de la conservación de la energía; reduce la frecuencia cardíaca, aumenta la digestión • NC III: contracción de la pupila y acomodación • NC VII: lagrimeo, aumento en la secreción de la mucosa oral y nasal, aumento de la salivación • NC IX: aumento de la salivación • NC X: aumenta la secreción y motilidad gástricas, disminuye el ritmo cardíaco y provoca broncoconstricción • Parasimpáticos sacros: dan lugar a la erección y a la necesidad de orinar y aumentan la secreción y la motilidad gástricas

Conceptos complementarios

Debido a que el sistema parasimpático se encarga de la conservación de la energía del SNA, normalmente ejerce más influencia sobre los otros sistemas que el sistema simpático, aunque ambos trabajan en conjunto en todo momento. Las fibras

parasimpáticas posganglionares son muy cortas en el sistema parasimpático. En una verdadera forma de ahorro de energía, son capaces de activar los grupos musculares discretos; las fibras simpáticas posganglionares, por su parte, son relativamente largas, dando lugar a reacciones masivas –y a menudo inadecuadas– ante una emergencia.

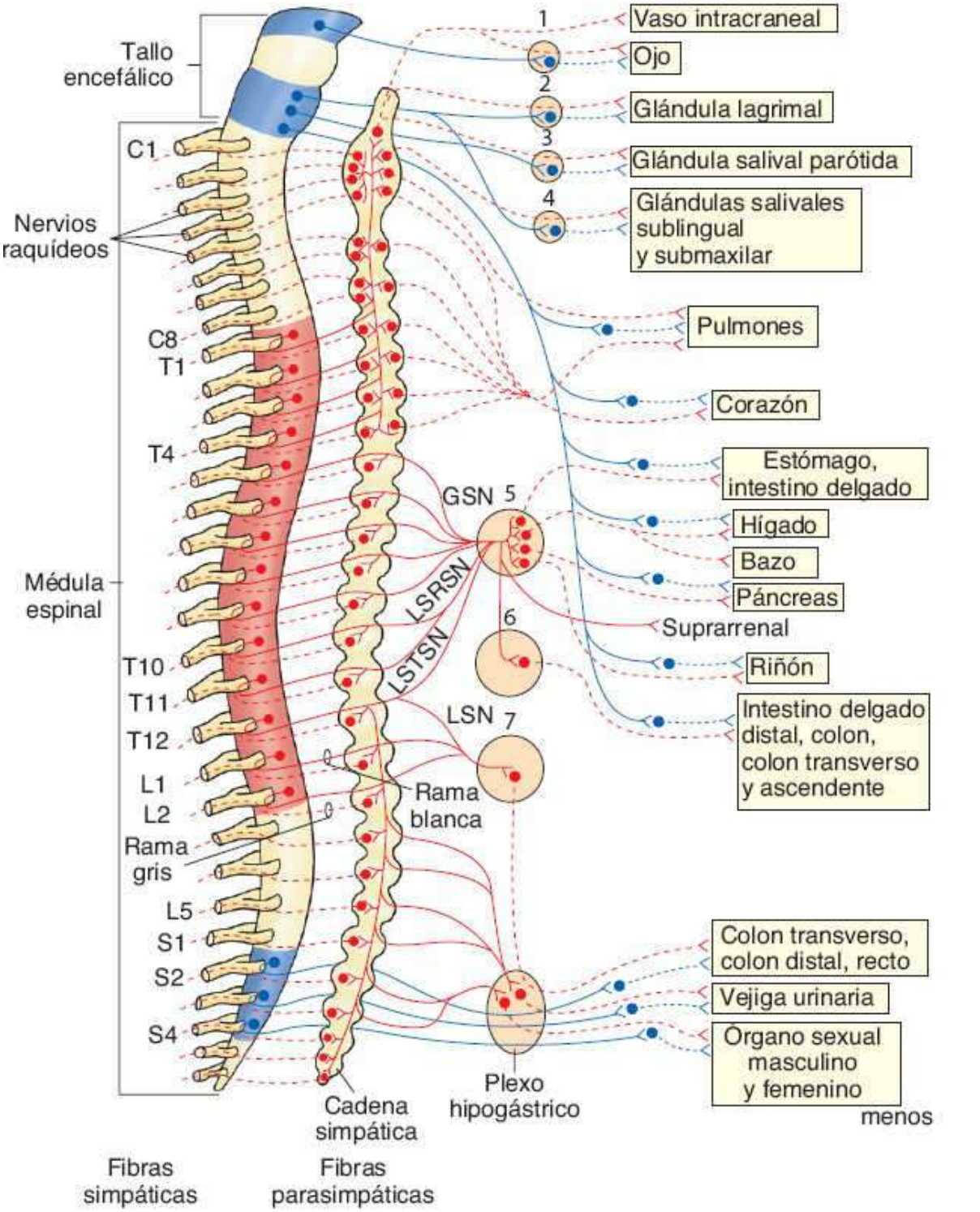

Tallo encefálico
Nervios raquídeos
Médula espinal
C1
C8
T1
T4
T10
T11
T12
L1
L2
Rama gris
L5
S1
S2
S4
1
Vaso intracraneal
Ojo
2
Glándula lagrimal
3
Glándula salival parótida
4
Glándulas salivales sublingual y submaxilar
Pulmones
Corazón
Estómago, intestino delgado
GSN 5
Hígado
Bazo
Páncreas
LSRSN
6
Suprarrenal
LSTSN
Riñón
LSN 7
Intestino delgado distal, colon, colon transverso y ascendente
Rama blanca
Colon transverso, colon distal, recto
Vejiga urinaria
Órgano sexual masculino y femenino
Plexo hipogástrico
Cadena simpática
menos
Fibras simpáticas
Fibras parasimpáticas
Preganglionares
Posganglionares
Ganglios:
1 = Ciliar
2 = Pterigopalatino
3 = Ótico
4 = Submandibular
5 = Celíaco
6 = Mesentérico superior
7 = Mesentérico inferior
Nervios:
NME = nervio mayor esplácnico
NEM = nervio esplácnico menor
LSTSN = nervio menos esplácnico
NEL = nervio esplácnico lumbar

Figura 3-5. El sistema nervioso autónomo (rojo, división toracolumbar; azul, división craneosacra; C, cervical; L, lumbar; S, Sacra; T, torácica).

Relevancia clínica

Disautonomía es un término general usado para describir el funcionamiento del SNA. Puede implicar problemas con la función de cualquiera de las múltiples estructuras inervadas por el SNA.

CEREBELO

El cerebelo coordina movimientos motores complejos y está involucrado en el aprendizaje motor y en la actividad motora planificada con destreza. No inicia la actividad motora; por el contrario, controla o influye en la fuerza, el tiempo y la precisión de la actividad motora continua.

Se encuentra en la región infratentorial en la fosa craneal posterior.

Pedúnculos cerebelosos

El cerebelo está conectado con el tallo cerebral por tres pedúnculos cerebelosos (FIG. 3-6).

Pedúnculo	Descripción	Función
Superior	• Conecta el cerebelo con el mesencéfalo caudal y el puente • Contiene los **tractos dentorrubrotalámico, espinocerebeloso anterior** y **trigeminocerebeloso**	Vía principal del flujo de salida del cerebelo
Medio	• Conecta el cerebelo al puente • Contiene las **fibras pontocerebelosas**	Vía principal de entrada al cerebelo
Inferior	• Conecta el cerebelo a la médula rostral • Dos partes: (1) **cuerpo restiforme**, que contiene los **tractos espinocerebeloso posterior, cuneocerebeloso** y **olivocerebeloso**; y (2) **cuerpo yuxtarrestiforme**, que contiene las **fibras vestibulocerebelosas** y **cerebelovestibulares**	Mezcla de aferentes y eferentes cerebelosos, principalmente entradas de la médula espinal

Morfología cerebelosa

El cerebelo puede dividirse de anterior a posterior, y de medial a lateral (v. cap. 1).

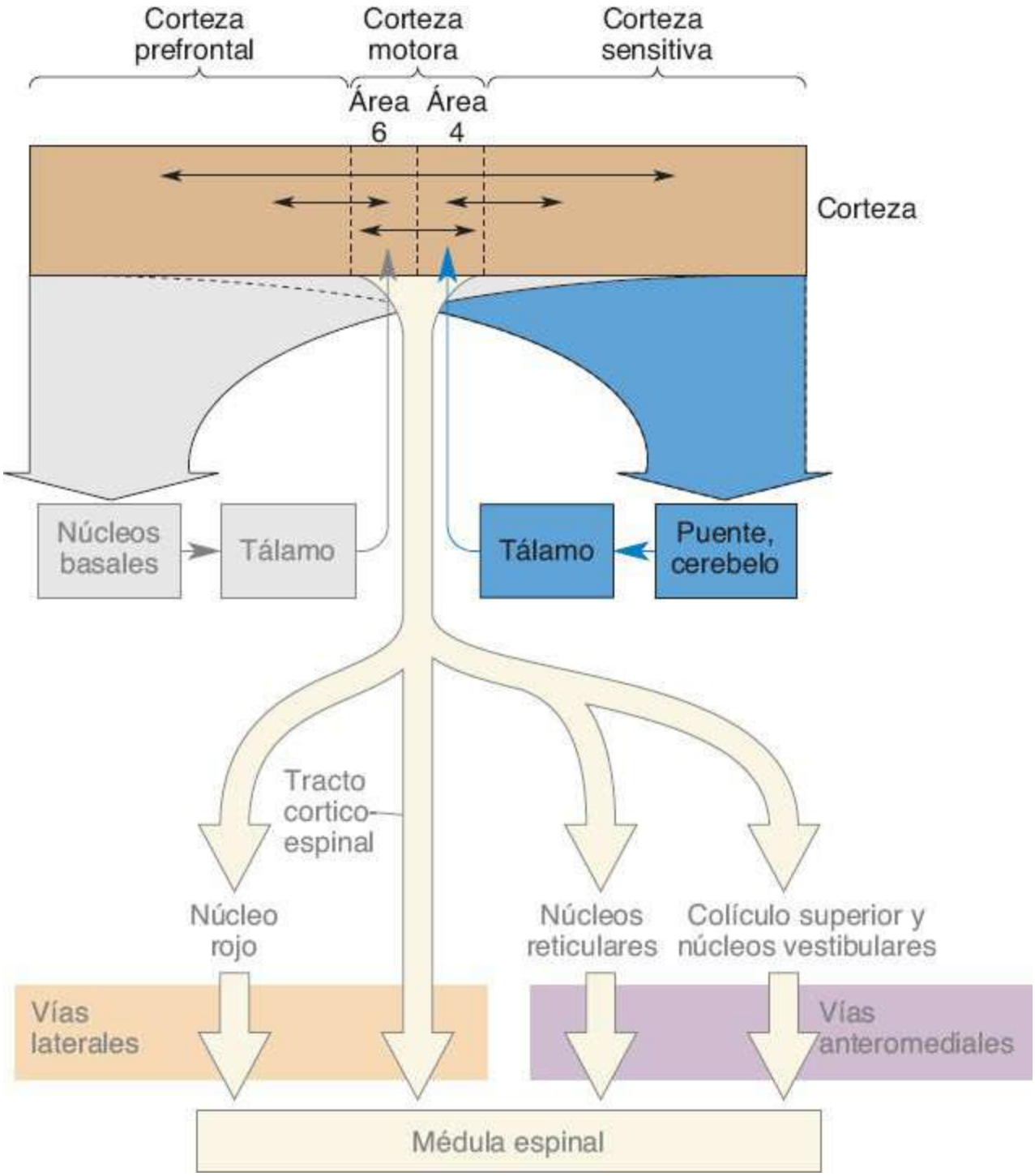


Figura 3-6. Circuitos de la corteza cerebelosa.

Corteza cerebelosa

De afuera hacia adentro, la corteza cerebelosa se divide en una capa molecular, una capa de células de Purkinje y una capa de células granulares (FIG. 3-7).

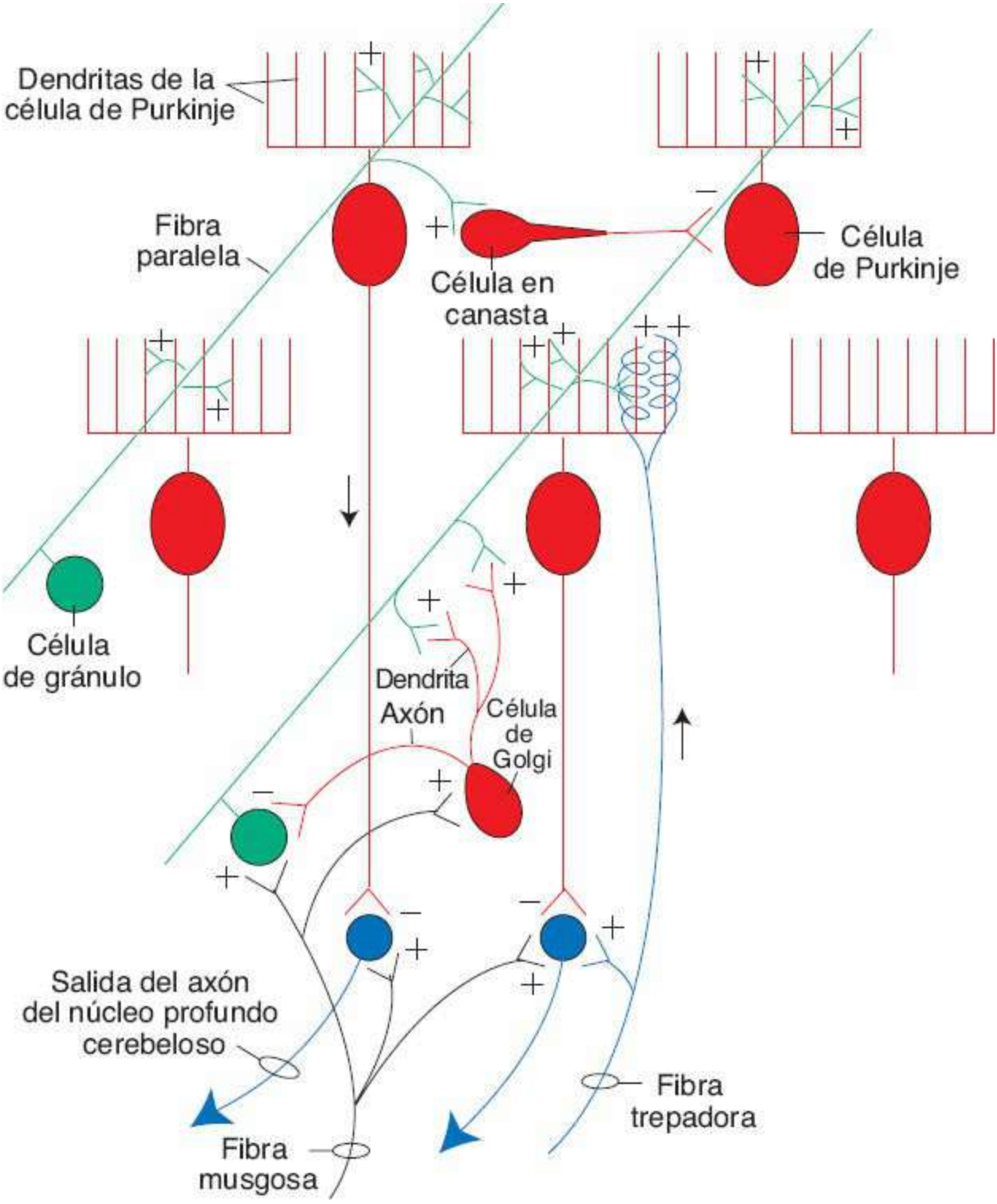


Figura 3-7. La corteza cerebelosa.

Capa	Descripción	Función
Molecular	• Contiene el árbol dendrítico de células de Purkinje • Incluye fibras paralelas de células granulares • Contiene células estrelladas y en canasta	Sitio de sinapsis excitatoria de las células granulares en las células de Purkinje
Células de Purkinje	Contiene cuerpos celulares de Purkinje	• Las células de Purkinje representan la única salida de la corteza cerebelosa, siempre inhibitoria (liberan ácido γ-aminobutírico [GABA]); se proyectan a los núcleos cerebelosos profundos y a los núcleos vestibulares • Excitadas por las fibras paralelas y **trepadoras** del tracto olivocerebeloso • Inhibidas por las células estrelladas y en canasta
Células granulares	Contiene células granulares y de Golgi	• Las células granulares excitan (glutamato) a las células de Purkinje, en canasta, estrelladas y de Golgi • Las células granulares son inhibidas por las células de Golgi • Las células granulares son excitadas por las **fibras musgosas** (fibras excitatorias de los tractos espino y pontocerebelosos)

Cerebelo funcional

Funcionalmente, el cerebelo puede dividirse en términos de su participación en movimientos desde primitivos hasta más avanzados; este sistema incluye los núcleos cerebelosos profundos asociados con cada división.

Lóbulo anatómico	División filogenética	División funcional	Núcleo profundo	Función
Anterior	Paleocerebelosa	Cerebelo espinal	Interpuesto (globoso + emboli-forme)	Locomoción: caminar, correr
Fisura primaria				
Posterior	Neocerebelosa	Cerebelo cerebral	Dentado	Movimiento fino: tocar el piano, escribir
Fisura posterolateral				
Floculonodular	Arquicerebelosa	Cerebelo vestibular	Fastigial	Equilibrio: sentado en posición erecta

DIVISIONES FILOGENÉTICAS

División	Descripción	Función
Vestibulocerebelosa	• También conocida como *arquicerebelosa* • La vía comienza en el oído interno; recorre el NC VIII hasta los núcleos vestibulares en el puente, el núcleo fastigial y el lóbulo floculonodular • El lóbulo floculonodular también recibe entrada del colículo superior (información visual) y de la corteza estriada (visual); se proyecta hacia los núcleos vestibulares	• Postura, equilibrio y movimientos oculares • Permite al cerebelo coordinar los movimientos del ojo con el movimiento de la cabeza y la posición para mantener las imágenes enfocadas en la retina
Espinocerebelosa	• También conocida como *paleocerebelosa* • Recibe la entrada de la médula espinal y del oído interno; también del núcleo mesencefálico y de las fibras cuneocerebelosas (miembro superior) hacia los núcleos interpuestos (globoso y emboliforme)	• Postura, tono muscular, sincronización y precisión de los movimientos en curso, particularmente en el tronco y la cintura de las extremidades • Conexiones recíprocas con la médula espinal que permiten al cerebelo influir en los mecanismos de control de la médula espinal descendentes
Neocerebelosa	• También conocida como *pontocerebelosa* • Recibe la información sensorial y motora de la corteza cerebral • La información de la corteza se trasmite al puente (fibras pontocerebelosas) • El tracto dentorrubrotalámico se proyecta de vuelta hacia el **núcleo rojo** y el tálamo	• Movimientos aprendidos, destreza; coordinación ojo-mano con la fuerza apropiada, sincronización y precisión • Del cerebelo al núcleo rojo permite intervenir sobre todas las fibras corticales descendentes para influir en los movimientos volitivos

Conceptos complementarios

El núcleo rojo se proyecta hacia el núcleo olivar inferior a través del tracto tegmental central, que se proyecta de vuelta hacia el cerebelo, formando un bucle o circuito cerrado. Dichos "circuitos" cerebelosos, mediante los cuales el circuito cerebeloso está conectado a la vía descendente, permiten al cerebelo influir en la vía descendente con base en la información entrante de la médula espinal, el sistema visual y el oído interno.

Relevancia clínica

Las lesiones del lóbulo floculonodular o lesiones arquicerebelosas conducen a un desequilibrio troncal; la marcha y el tronco se ven afectados. Esto hace que la persona afectada camine de manera oscilante, con balanceo del tronco al caminar. Los individuos parecen poco estables, tienden a tambalearse y pueden parecer alcoholizados. Las posibles causas son un tumor del ángulo pontocerebeloso o un síndrome medular lateral (es decir, la obstrucción de la arteria cerebelosa inferior posterior).

Las lesiones del lóbulo anterior o paleocerebelosas se relacionan a menudo con alcoholismo o malnutrición. Los síntomas aparecen como déficits gruesos, que afectan principalmente el tronco y las piernas. Los signos más destacados incluyen la distaxia (ataxia), la falta de coordinación de los músculos de la marcha y la postura, que causa que las piernas pierdan coordinación, y la distaxia (ataxia) del tronco, lo que provoca que el tronco se meza al caminar.

Las lesiones del neocerebelo o hemisferio lateral a menudo son unilaterales y pueden combinarse con síntomas del lóbulo anterior y del vermis. Las lesiones de los hemisferios cerebelosos, el núcleo dentado (arteria cerebelosa inferior anterior) o el pedúnculo cerebeloso superior (tracto dentorrubrotalámico) pueden también afectar el movimiento ocular y el habla. Los síntomas son más evidentes en el brazo superior durante los movimientos rápidos y finos.

Sistema límbico 4

EL SISTEMA LÍMBICO

El sistema límbico es una colección de estructuras profundas en el encéfalo que participan colectivamente en la memoria emocional, el comportamiento y la consolidación de la memoria (FIG. 4-1). Las estructuras del sistema límbico pueden agruparse en el prosencéfalo basal y medial, el lóbulo temporal medial y el lóbulo límbico. Las actividades del sistema límbico se expresan a través del hipotálamo.

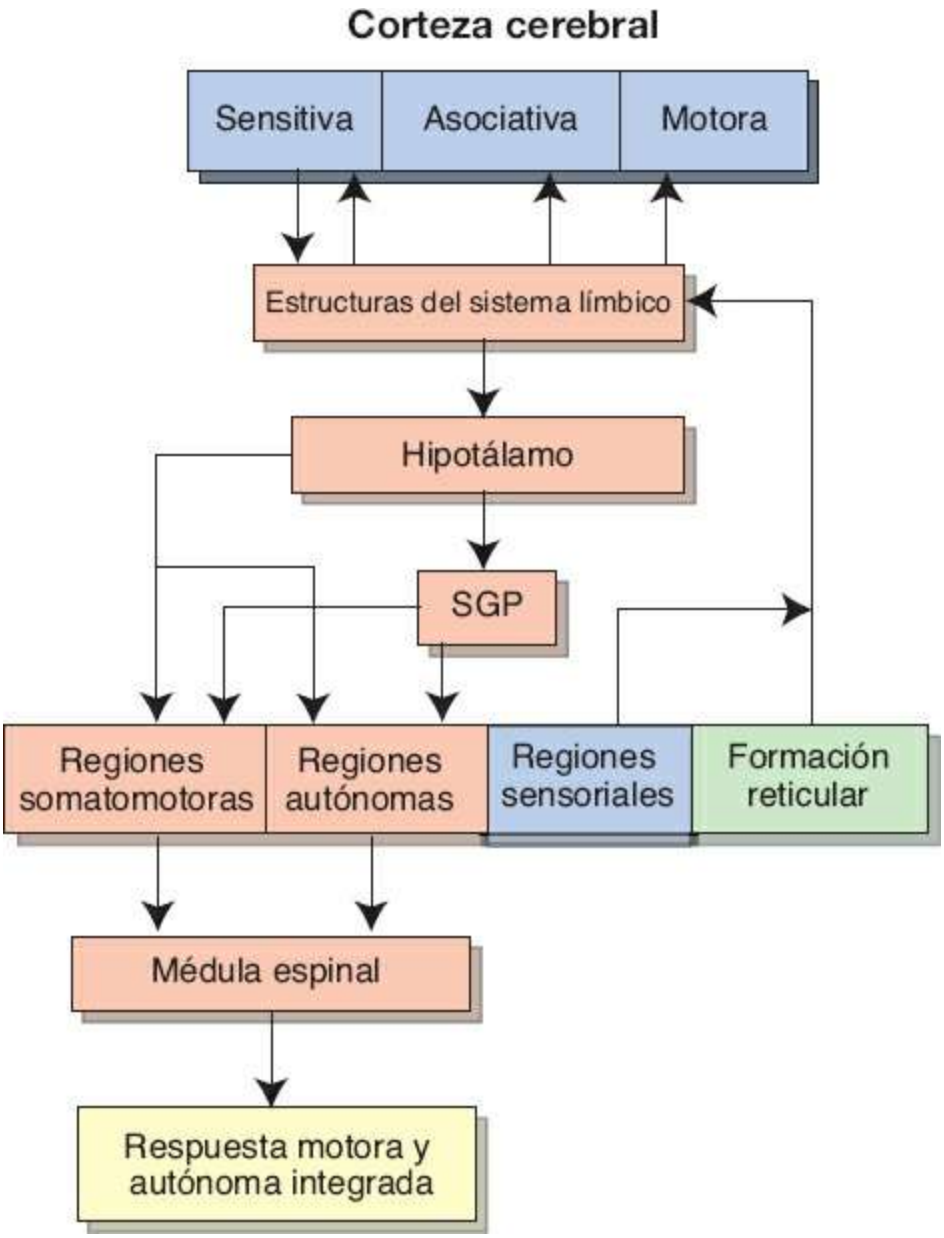


Figura 4-1. Flujo de información hacia y desde el sistema límbico (SGP, sustancia gris periacueductal).

Grupo	Partes	Descripción	Función
Prosencéfalo medial y basal	Área septal	• Situada cerca de la línea media e inferior al cuerpo calloso, sobre la cara medial del lóbulo frontal • Conexiones: 1. Formación hipocámpica a través del fórnix 2. Hipotálamo a través del haz prosencefálico medial 3. Habénula a través de la estría medular 4. Corteza cerebral a través de proyecciones difusas	Participa en la regulación de la atención adecuada a los estímulos y de la motivación; su estimulación produce sentimientos de placer
	Prosencéfalo ventral	• Región general en la base del lóbulo frontal profundo a la corteza del área septal y debajo de la comisura anterior • Conexiones: 1. Corteza cerebral 2. Tálamo 3. Sustancia negra 4. Giro cingular 5. Sistema límbico 6. Giro parahipocámpico	Regula la postura corporal y el tono muscular que acompañan al comportamiento y estados emocionales, como el miedo, la tensión y el placer
Lóbulo temporal medial: formación hipocámpica y uncus	Hipocampo: parte de la formación hipocámpica	• Situado a lo largo de la cara medial del cerebro; limita con el asta inferior del ventrículo lateral dentro del lóbulo temporal • Conexiones: 1. Área septal vía el fórnix 2. Hipotálamo (incluidos los cuerpos mamilares) a través del fórnix 3. Giro dentado 4. Subículo 5. Giro parahipocámpico	Funciones del aprendizaje y la memoria, la consolidación de la memoria de corto plazo en memoria de largo plazo y el reconocimiento de lo novedoso
	Giro dentado: parte de la formación hipocámpica	• Situado dentro del lóbulo temporal • Conexiones: 1. Hipocampo 2. Corteza entorrinal a través del fórnix	

Lóbulo límbico	Giro cingular	• Giro arqueado, largo, superior al cuerpo calloso • Conexiones: 1. Corteza cerebral 2. Tálamo 3. Cuerpos mamilares 4. Hipotálamo 5. Formación hipocámpica 6. Área septal 7. Amígdala 8. Tallo cerebral o encefálico	Formación de la memoria y respuesta emocional a estímulos (en especial los olfatorios); regulación de las respuestas viscerales que acompañan al comportamiento
	Giro parahipocámpico	• Paralelo y yace en la profundidad del hipocampo • Continua en la parte posterior con el giro cingular • El componente principal es la **corteza entorrinal** • Conexiones: 1. Corteza cerebral 2. Formación hipocámpica	
	Amígdala	• Ubicada dentro de la cara anteromedial del lóbulo temporal, debajo del uncus • Conexiones: 1. Corteza cerebral temporal y prefrontal 2. Tálamo 3. Hipotálamo 4. Área septal 5. Cuerpo estriado 6. Tallo encefálico	• Regula el nivel de agresión en estados emocionales y de comportamiento; su estimulación produce rabia y ansiedad • Recibe las entradas (*input*) sensoriales típicas: somatosensitivas, vista, olfato, sensación visceral, audición y también recibe estímulos sensitivos sobre el nivel de confort o ansiedad (a partir de fuentes corticales)

Conceptos complementarios

El circuito de Papez (FIG. 4-2) es la primera vía descrita que implica propiamente al sistema límbico. Va del giro cingular a la formación hipocámpica hacia el hipotálamo (cuerpos mamilares), y del núcleo anterior del tálamo hacia el giro cingular.

Las proyecciones de la amígdala y del hipocampo en el cuerpo estriado (en especial al núcleo accumbens) influyen en la actividad motora en tanto que se relaciona con el humor y la emoción.

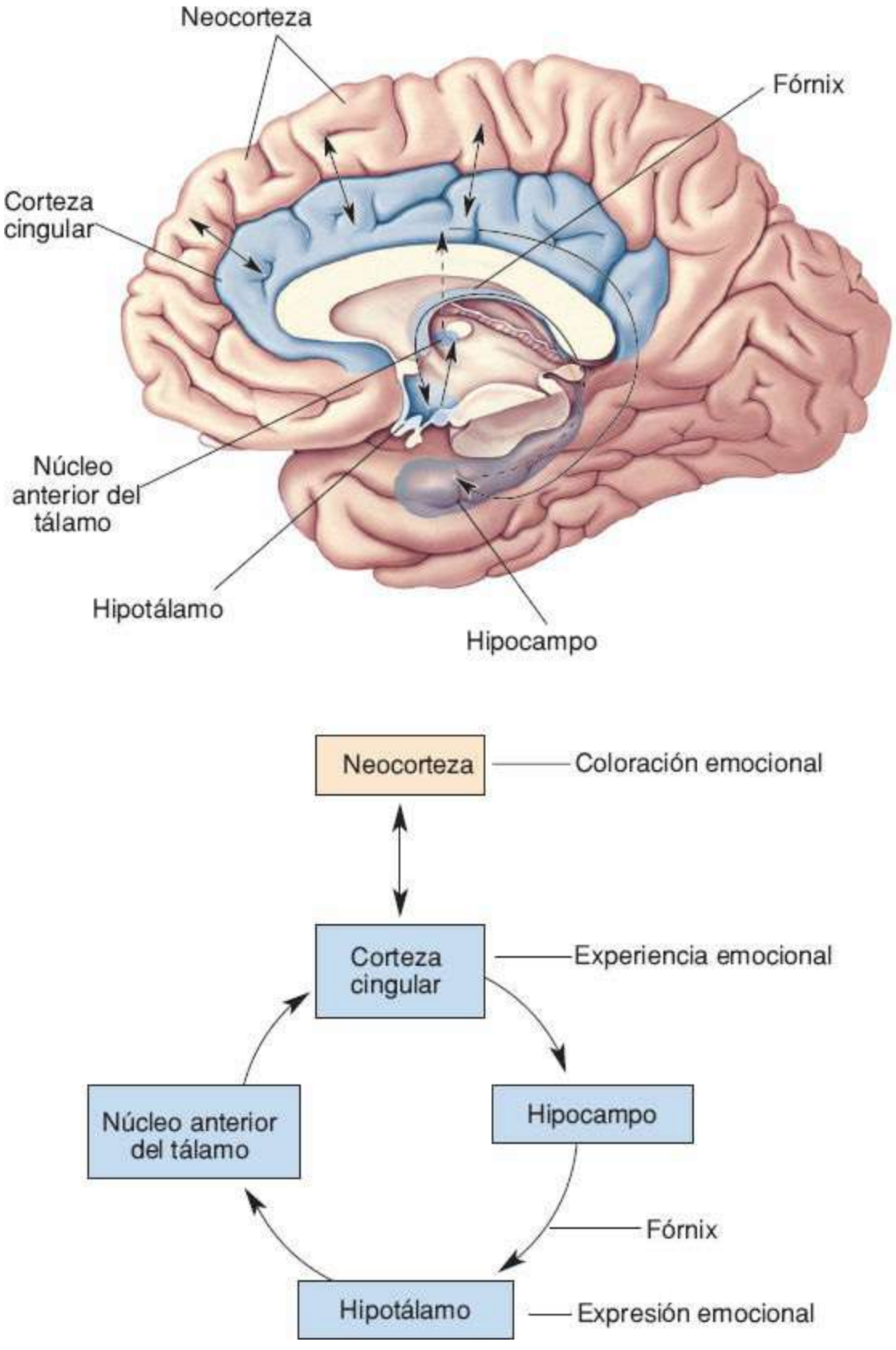


Figura 4-2. Circuito de Papez.

Mientras que la estimulación de la amígdala provoca estrés y ansiedad, el estímulo del área septal causa placer y relajación; estos dos sistemas controlan el equilibrio de las respuestas emocionales dependiendo de las circunstancias.

El sistema límbico consolida la memoria por **potenciación a largo plazo** (PLP), el mecanismo de consolidación de la memoria (FIG. 4-3). Una sinapsis se dispara en un determinado patrón temporal, haciendo más probable que la sinapsis se vuelva a activar por el mismo patrón en el futuro. Entre más se active la sinapsis, más probable es que se active nuevamente en el futuro, permitiendo relacionar los estímulos y las respuestas.

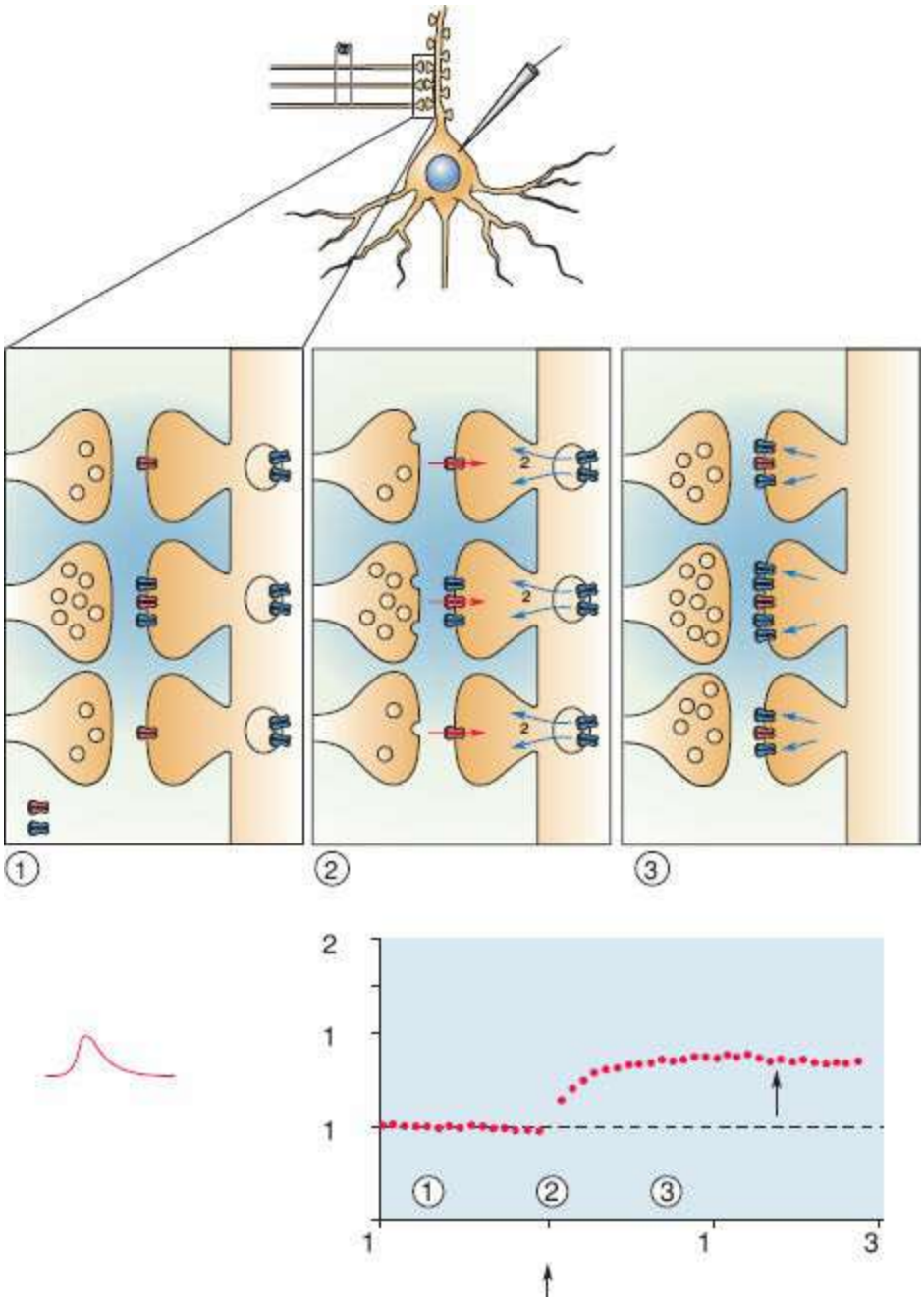


Figura 4-3. Potenciación a largo plazo (NMDA, ácido N-metil-D-aspártico; AMPA, ácido α-amino-3-hidroxi-5-

metil-4-isoazolepropiónico; PLP, potenciación a largo plazo; PEPS, potencial excitatorio postsináptico).

Consideraciones clínicas

El hipocampo es una de las primeras áreas que sufren la muerte celular en la enfermedad de Alzheimer; debido a que es importante en la consolidación de los recuerdos, las personas con la enfermedad de Alzheimer tienen dificultad en esta área. Las lesiones de la amígdala producen placidez, incluida la pérdida del miedo, la rabia y la agresión. Un animal con un déficit en esta área es poco probable que dure mucho tiempo.

El **síndrome de Klüver-Bucy** se produce por la destrucción bilateral del aspecto medial de los lóbulos temporales, incluyendo la amígdala y el hipocampo, provocando placidez, hipersexualidad, hiperfagia y agnosia visual.

El **síndrome de Korsakoff**, normalmente producto de la deficiencia de tiamina (a menudo vista en las personas con alcoholismo), conduce a la pérdida de células en la formación hipocámpica y produce amnesia, confabulación y desorientación.

Sentidos químicos 5

Los sentidos químicos son aquellos en los que participan sustancias químicas disueltas con el fin de iniciar los impulsos de los receptores. Los sentidos químicos son el olfato (olores) y el gusto (sabores).

OLFATO

El olfato es un sentido filogenéticamente antiguo. Diversas sustancias y concentraciones químicas disueltas en la mucosa nasal estimulan una serie de receptores olfativos, que la corteza olfativa interpreta para crear el sentido del olfato (FIG. 5-1). Nuestra capacidad para detectar la enorme gama de olores que podemos percibir todavía requiere mayor investigación.

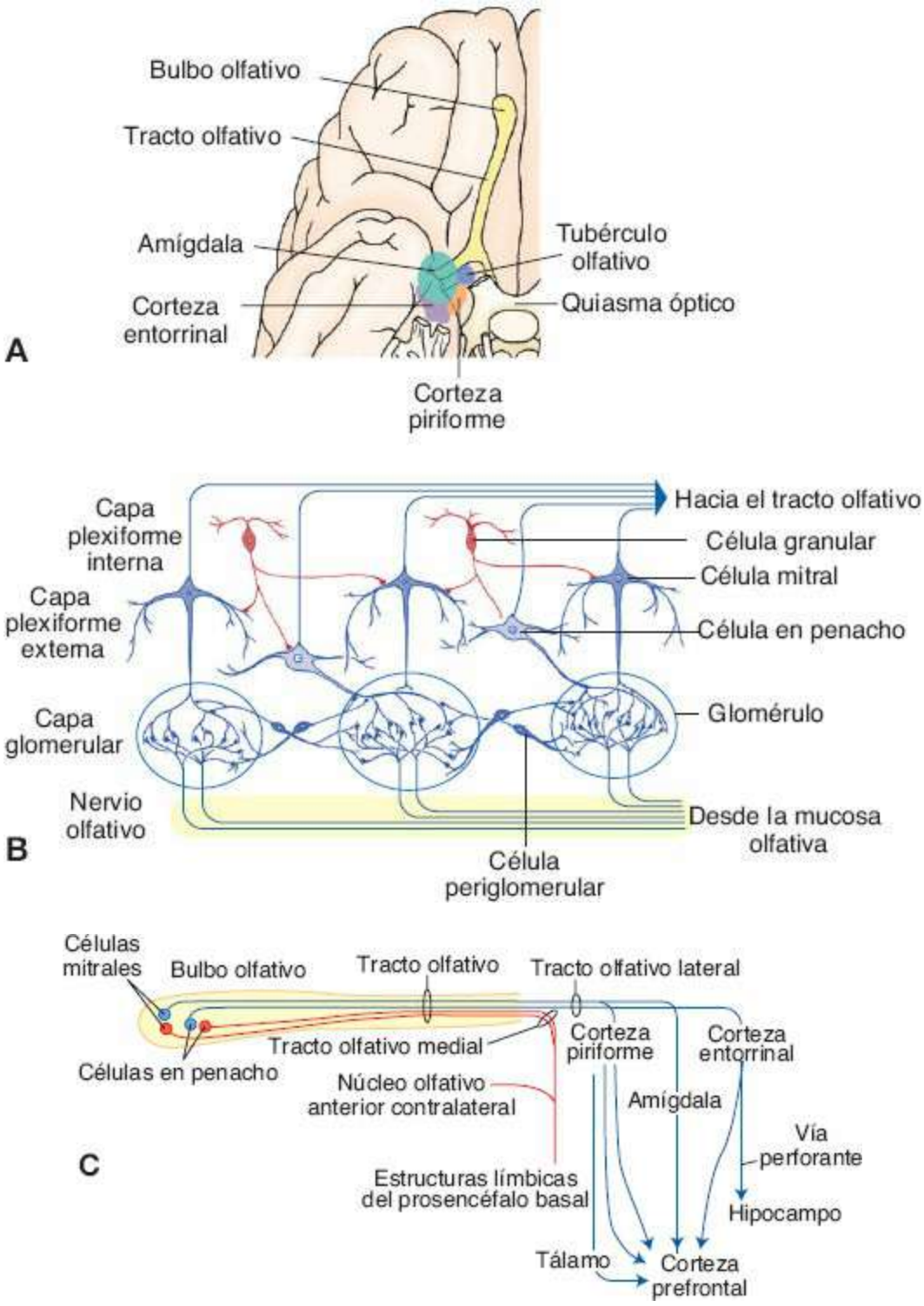


Figura 5-1. El sistema olfativo. **A.** Corteza olfativa. **B.** Contenido del bulbo olfativo. **C.** Conexiones centrales del sistema olfativo.

Parte	Descripción	Conexiones	Función
Epitelio olfativo	Hay tres tipos de células: 1. **Basales:** células progenitoras; dan lugar a las neuronas receptoras olfativas 2. **De sostén:** secretan gránulos sobre la superficie de la mucosa 3. **Receptoras:** neuronas bipolares de primer orden, capaces de mitosis; los cilios ofrecen una superficie de transducción de señales estimulantes del olor	Las señales se transmiten desde el epitelio olfativo en el bulbo olfativo pasando a través de la **lámina cribosa** del **etmoides**; las fibras que pasan a través de la lámina cribosa forman en conjunto el **nervio olfativo** (NC I)	Detecta y responde a los olores del ambiente y transmite información al bulbo olfativo
Bulbo olfativo	• Sitio de las neuronas de segundo orden: **células mitrales** y en **penacho** • Ubicado en la lámina cribosa del etmoides	• Recibe la entrada (*input*) del nervio olfativo • Transmite el impulso desde las neuronas olfativas de la corteza olfativa a través del **tracto olfativo** y la **estría olfativa lateral**	• Permite una respuesta específica a los estimulantes mediante la activación selectiva de los receptores y las neuronas de segundo orden
Tracto olfativo	Contiene el **núcleo olfativo anterior**	Se divide en **estría olfativa lateral** y **medial**	El núcleo olfativo anterior regula y modula la distribución de la información olfativa

Corteza olfativa	• Sitio de la neurona de tercer orden • Yace sobre el uncus, parte de las **cortezas prepiriforme y entorrinal** • Posee una proyección cortical directa (puentea el tálamo)	Envía impulsos al núcleo dorso-medial del tálamo, el prosencéfalo basal y el sistema límbico	Permite la percepción específica de olores a través de conexiones con el sistema límbico: respuesta emocional y formación y recuperación de la memoria relacionada con el olor

Conceptos complementarios

Las células (neuronas) receptoras olfativas son algunas de las pocas neuronas del sistema nervioso humano que son capaces de mitosis.

Consideraciones clínicas

La fractura de la delgada lámina cribosa que daña las células receptoras olfativas es causa habitual de anosmia (pérdida del olfato). La punción o desgarro de la duramadre es una situación común y provoca la filtración de líquido cefalorraquídeo por las fosas nasales (rinorrea hialina). El olfato regresa después de la regeneración de las células receptoras.

GUSTO (SABORES)

El gusto se percibe a través de la estimulación de las papilas gustativas. El sabor comprende el gusto además de entradas olfativas, somatosensitivas, visuales y límbicas. El estado de ánimo, la cercanía de la ingesta anterior, la temperatura, el olor, el aspecto y la textura de la comida, afectan en conjunto la percepción del sabor.

Parte	Descripción	Conexiones	Función
Receptores gustativos	• Situados en las papilas gustativas de la cavidad oral y la lengua • Los cilios se extienden a través del poro gustativo • Células epiteliales modificadas con propiedades neuronales • Reemplazados cada 1-2 semanas	Las células gustativas despolarizadas hacen sinapsis con neuronas de primer orden cuyas dendritas envuelven la célula	• Los cilios se proyectan a través de los poros y son bañados por la saliva; las sustancias químicas causan la despolarización de las células • Cinco sensaciones gustativas primarias: dulce, ácido, amargo, salado y umami (del japonés "sabroso")

Neurona de primer orden	• Células seudounipolares ubicadas en los **ganglios geniculado** (NC VII), **petroso** (NC IX) y **nodoso** (NC X) • Forma la extremidad aferente del reflejo: tos, deglución • Implicada en los procesos de los NC VII, IX y X	• Los NC transmiten los impulsos desde la lengua hacia el núcleo solitario a través del tracto solitario • Los 2/3 anteriores de la lengua: NC VII • El 1/3 posterior de la lengua: NC IX • Epiglotis, paladar blando: NC X	Transmite información neural desde la lengua hacia el núcleo solitario
Neurona de segundo orden	Situada en la médula en la porción gustativa (en su mayor parte, rostral) del núcleo solitario: el **núcleo gustativo**	• Recibe entradas desde los NC • Las fibras pasan homolateralmente a través del **tracto tegmental central** hacia la parte más medial del **núcleo ventral posteromedial** (VPM) del tálamo • Se proyecta al **núcleo parabraquial** del puente	• Las neuronas de segundo orden del núcleo solitario reciben y combinan la información del gusto desde los tres NC que perciben el gusto • El núcleo parabraquial pasa información del gusto hacia el hipotálamo y la amígdala
Neurona de tercer orden	Situada en la parte más medial del núcleo VPM del tálamo	• Recibe la señal del núcleo solitario • Transmite información gustativa a la corteza a través de la cápsula interna	Transmite información gustativa homolateral desde el núcleo VPM hacia la corteza gustativa
Corteza gustativa	• Área de Brodmann 43 • Situada cerca de la ínsula y la superficie medial del opérculo frontal, cerca de la base del surco central	• Recibe entradas del núcleo VPM • Se proyecta a la corteza orbital desde el lóbulo frontal orbital y hacia la amígdala	Integra la información del gusto con la de otras áreas (sistemas límbico, olfativo, visual y sensorial) para producir la percepción del sabor

Relevancia clínica

Fumar es la causa más común de la ageusia (pérdida del gusto).

Sistema visual 6

El sistema visual es responsable del procesamiento de las imágenes formadas por la luz que impacta la retina. Se compone de sistemas de transmisión neural que comienzan en el ojo y viajan por el nervio y tracto ópticos al núcleo geniculado lateral (NGL) del tálamo y, finalmente, a la corteza visual.

ESTRUCTURAS

Parte	Descripción	Conexiones	Función
Ojo	Compuesto de tres capas (túnicas): 1. Externa: esclerótica y córnea 2. Media: coroides, iris y cuerpo ciliar 3. Interna: retina	• La retina se compone de siete capas • Los impulsos se transmiten desde la superficie hacia el interior	• La estructura del ojo enfoca la luz sobre la retina, sobre todo en el centro (fóvea) • Los impulsos provenientes de los fotorreceptores son enviados a las células ganglionares, que forman el nervio óptico
Retina	• Compuesta por cinco tipos de células, desde la superficie hacia adentro: 1. Fotorreceptores 2. Células bipolares 3. Células horizontales 4. Células amacrinas 5. Células ganglionares **Disco óptico** (papila): medial a fóvea, punto ciego; contiene los axones de las células ganglionares **Mácula lútea:** área pigmentada de amarillo que rodea la fóvea central; zona de mayor agudeza visual; contiene únicamente conos	Los fotorreceptores son estimulados y envían un impulso que eventualmente activa las células ganglionares que forman el nervio óptico	Recibe las imágenes enfocadas de la córnea y del cristalino, lo que inicia un impulso que se transmite al nervio óptico

Retina

Las siete capas de la túnica interna del ojo se desarrollan como extensión del diencéfalo; tienen cinco tipos de células en su interior (FIG. 6-1). Las siete capas de la retina desde la superficie hacia el centro son:

1. Epitelio pigmentado de la retina
2. Capa de fotorreceptores

3. Capa nuclear externa
4. Capa plexiforme externa
5. Capa nuclear interna
6. Capa plexiforme interna
7. Capa de células ganglionares

Tipo de célula	Descripción	Conexiones	Función
Foto-rreceptoras	• Dos tipos: **bastones** y **conos** • Conformados por el cuerpo de la célula y la terminal sináptica; responden a la luz • El neurotransmisor es el glutamato	Hacen sinapsis en las células bipolares y horizontales	• Bastones: proporcionan imágenes de baja agudeza visual; monocromáticas • Conos: proporcionan imágenes de alta agudeza visual; visión de color; necesitan mucha luz • Ambos convierten el estímulo de la luz en impulsos neuronales
Bipolares	• Reciben el impulso de los fotorreceptores • Situadas entre la capa plexiforme interna y la externa • El neurotransmisor es el glutamato	Terminan en las células ganglionares	Proporcionan la ruta desde los fotorreceptores hacia las células ganglionares
Amacrinas	• Situadas entre la capa nuclear interna y la capa plexiforme externa • El ácido γ-aminobutírico (GABA), la dopamina y la acetilcolina actúan como neurotransmisores	Hacen sinapsis en las células ganglionares en la capa plexiforme externa	Inhiben las células ganglionares

Horizontales	• Situadas en las capas nucleares y plexiformes • El neurotransmisor es el GABA	Hacen sinapsis en las células bipolares	• Modifican las respuestas de las células bipolares • Desempeñan un papel en la diferenciación de colores • Son responsables de la inhibición lateral de los fotorreceptores
Ganglionares	• Única fuente de salida de la retina, actúan como aferentes de tercer orden • El neurotransmisor es el glutamato • Los axones dejan la retina como nervio óptico (NC II)	Los axones continúan hacia el quiasma óptico como nervio óptico	Son influenciadas por las células bipolares y horizontales

Conceptos adicionales

Las células ganglionares forman el nervio óptico (NC II); se proyectan a:

- El tálamo (NGL).
- El **colículo superior**: para mediar los reflejos visuales y para generar el mapa visual dinámico del entorno.
- Hipotálamo (núcleo supraquiasmático): para mediar los ritmos circadianos (conexión con la glándula pineal).
- Núcleo pretectal: desempeña un papel en la mediación de las respuestas del comportamiento ante la luz: reflejo pupilar a la luz, reflejo optocinético, reflejo de acomodación y los ritmos circadianos. La **inhibición lateral** es la propiedad de una neurona activada de inhibir la excitación de las neuronas cercanas, proporcionando así mayor discriminación de la neurona excitada.

VÍAS

Vía visual

La imagen visual es transferida por la vía visual central desde la retina hacia la corteza

cerebral. En el camino, la imagen se distribuye en varias partes del sistema nervioso central (SNC).

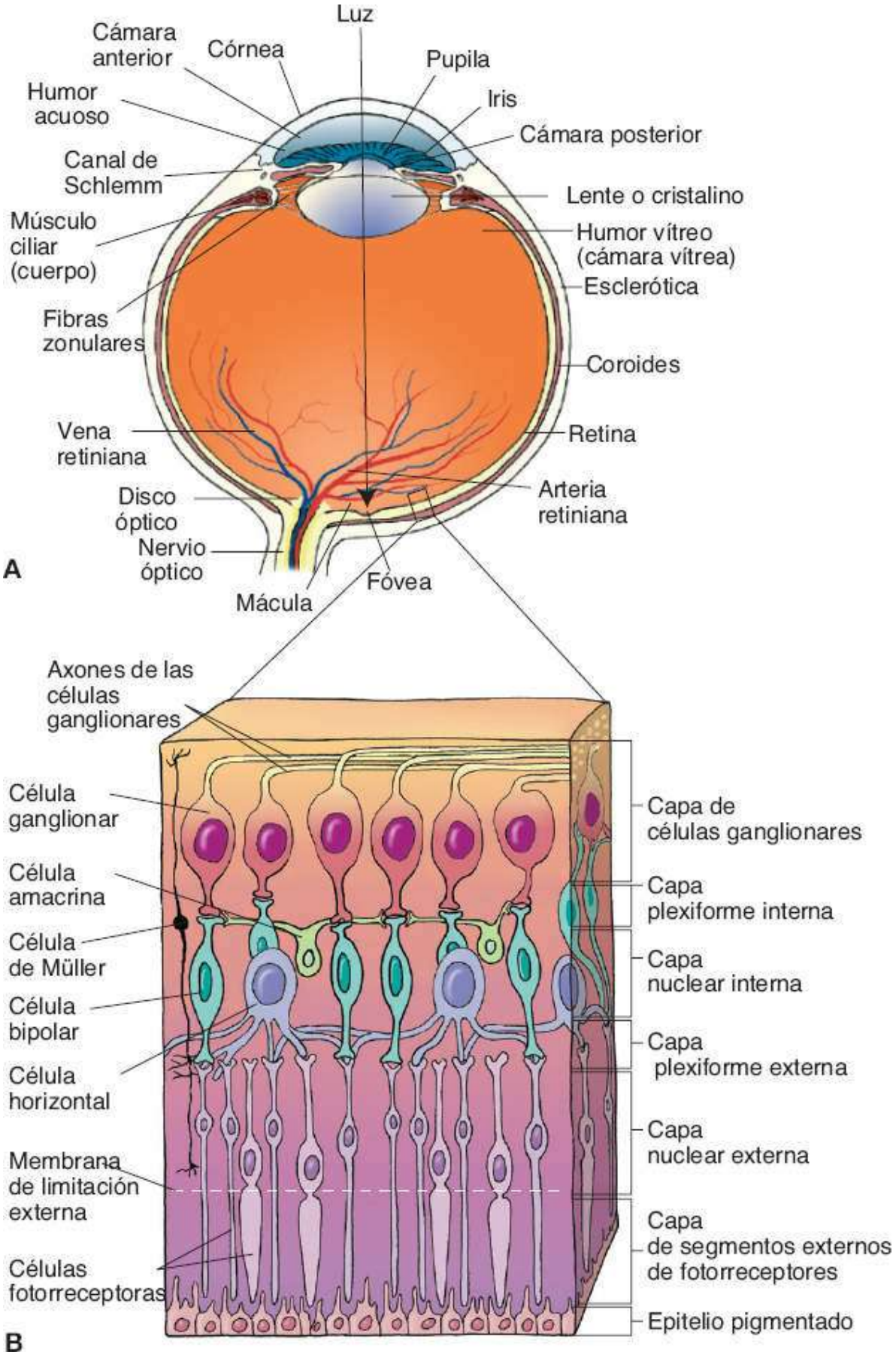

Luz
Cámara anterior
Córnea
Pupila
Humor acuoso
Iris
Cámara posterior
Canal de Schlemm
Lente o cristalino
Músculo ciliar (cuerpo)
Humor vítreo (cámara vítrea)
Esclerótica
Fibras zonulares
Coroides
Vena retiniana
Retina
Arteria retiniana
Disco óptico
Nervio óptico
Mácula
Fóvea
A
Axones de las células ganglionares
Célula ganglionar
Célula amacrina
Célula de Müller
Célula bipolar
Célula horizontal
Membrana de limitación externa
Células fotorreceptoras
Capa de células ganglionares
Capa plexiforme interna
Capa nuclear interna
Capa plexiforme externa
Capa nuclear externa
Capa de segmentos externos de fotorreceptores
Epitelio pigmentado
B

Figura 6-1. **A.** El ojo. **B.** Las capas de la retina.

Parte	Descripción	Conexiones
Nervio óptico (NC II)	• En realidad es un tracto cubierto de mielina del diencéfalo • Revestido con aracnoides, la piamadre y el espacio subaracnoideo	• Los axones de las células ganglionares salen del ojo en el disco óptico y viajan al quiasma óptico • Transmiten impulsos de la retina al quiasma óptico
Quiasma óptico	• Los impulsos provenientes de la retina nasal cruzan la línea media para unirse a los impulsos provenientes de la retina temporal del ojo contralateral; por lo tanto, la información visual proveniente del campo visual izquierdo de ambos ojos viaja por el lado derecho de la vía visual y viceversa • Situado inmediatamente superior a la hipófisis	Recibe la entrada (*input*) del NC II; las fibras retinianas nasales cruzan y continúan posteriormente como tracto óptico
Tracto óptico	Transmite información coincidente del campo visual que proviene de la parte posterior de cada ojo; tiene fibras de la hemirretina temporal homolateral y de la hemirretina nasal contralateral	Conecta el quiasma óptico con el NGL del tálamo

Núcleo geniculado lateral	• Parte del aspecto posterior del tálamo
	• Compuesto por seis capas separadas por el campo visual con el que se relacionan:
	  • Hemirretina temporal homolateral (capas 2, 3 y 5)
	  • Hemirretina nasal contralateral (capas 1, 4 y 6)
	• O se identifica por el tamaño de la célula:
	  • Capas magnocelulares (capas 1 y 2): responsables de transmitir información de contraste y movimiento
	  • Capas parvocelulares (capas 3 a 6): responsables de transmitir la información del color y la forma
		• Las fibras viajan al lóbulo occipital junto con el tracto geniculocalcarino o las radiaciones ópticas
		• Las fibras del campo visual inferior terminan en el banco superior del surco calcarino; las fibras del campo visual superior terminan en el banco inferior del surco calcarino

Radiaciones ópticas	• Se esparcen junto con la parte retrolenticular de la cápsula interna • Las fibras que se extienden en la parte inferomedial en el lóbulo temporal son conocidas como **asa de Meyer**	• Transmiten impulsos del NGL a la corteza occipital primaria (área 17) • Las radiaciones ópticas izquierdas llevan toda la información de los campos visuales derechos de ambos ojos y viceversa

Corteza visual primaria	• Área cortical (17) a lo largo del surco calcarino del lóbulo occipital
	• La información visual es invertida y revertida al llegar al área 17
	• La información proveniente de los campos visuales inferiores termina en la parte superior del surco calcarino en el giro cuneiforme (cuña); la información de los campos visuales superiores termina en la parte inferior del surco calcarino en el giro lingual (língula)
		• La corteza visual primaria clasifica y envía información a otras áreas corticales: cortezas de asociación visual (18 y 19)
		• Posee una organización retinotópica:
		  • La parte central de la retina está representada en la parte más posterior y ocupa una cantidad desproporcionada de la corteza visual
		  • Las partes más periféricas están representadas en la parte más anterior

Conceptos complementarios

Puesto que el nervio óptico es un tracto del diencéfalo, no es en realidad un nervio. Se mantiene una organización retinotópica desde la retina durante todo el camino a la corteza visual primaria.

Mnemotecnia

La palabra ***SLIM*** puede ayudar a recordar la relación entre los elementos del sistema visual: el colículo **S**uperior recibe la entrada desde el núcleo geniculado **L**ateral. El colículo **I**nferior la recibe entrada desde el núcleo geniculado **M**edial.

Relevancia clínica

Papiledema

El nervio óptico es parte del diencéfalo y, como tal, está revestido con la aracnoides, la piamadre y el espacio subaracnoideo; los aumentos de la presión intercraneal comprimen el nervio, causando un papiledema (hinchazón del disco óptico).

Déficits visuales

Los déficits visuales reciben su nombre por la pérdida de campo visual, no por la pérdida retiniana. El quiasma óptico se encuentra inmediatamente superior a la hipófisis; por lo tanto, un tumor hipofisario puede ejercer presión sobre las fibras que atraviesan el quiasma. Mientras que la presión en sentido sagital medio produce una hemianopsia

bitemporal, la compresión bilateral debida a la calcificación de las arterias carótidas internas en el seno cavernoso puede provocar una hemianopsia binasal.

Procesamiento visual

El procesamiento visual implica la conjunción de movimientos oculares rápidos y lentos. Los sacádicos son movimientos rápidos y escalonados que traen objetos a la retina. La velocidad de un movimiento sacádico ocular es demasiado rápida para que el sistema visual transmita la información que recibe, por lo que el SNC calcula la magnitud del movimiento por adelantado y lo inicia de manera refleja. Los movimientos lentos y suaves de seguimiento permiten que las imágenes permanezcan en la fóvea central.

Acción o estructura	Descripción	Función
Movimientos sacádicos	• Movimientos rápidos, escalonados • Iniciados por los **campos visuales frontales**: parte de la corteza prefrontal (área 8 cortical) y del **colículo superior**	• Traer objetos de interés a la retina • Velocidad demasiado grande para el sistema visual, así que el SNC calcula el tamaño del movimiento por adelantado y suprime la percepción de la visión durante el movimiento
Movimientos lentos de seguimiento	Seguimiento lento impulsado por la corteza	Permite que las imágenes permanezcan en la fóvea central
Corteza de asociación visual	• Áreas de Brodmann 18, 19, 20 y 37	• Proporciona significado asociado con la visión • Proyecta la información relativa al "dónde" hacia la **corteza parietooccipital** y proyecta la información sobre el "qué" a la **corteza occipitotemporal** • Separa la información visual compleja en dos "corrientes": 1. Dorsal: dónde 2. Ventral: qué

Conceptos complementarios

El nistagmo es producto de la acción combinada de un movimiento ocular rápido

sacádico en una dirección y un movimiento lento de seguimiento en la dirección opuesta, lo cual es necesario para mantener los objetos de interés enfocados en la retina. Cabe aclarar que puede haber nistagmo fisiológico o patológico.

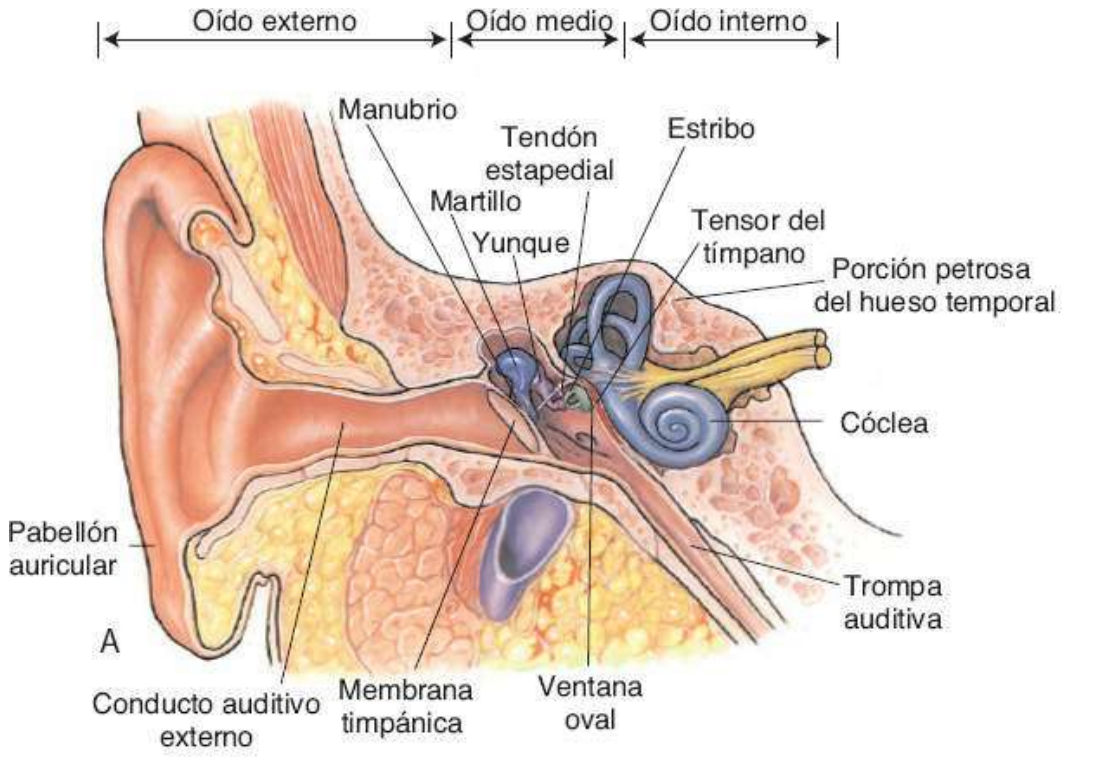
Sistemas auditivo y vestibular 7

Los sistemas auditivo y vestibular consisten en estructuras interconectadas morfológica y funcionalmente. Ambos se encuentran en el oído interno profundo en el hueso temporal, los dos envían axones de manera central que viajan en el nervio vestibulococlear (NC VIII) y las perturbaciones de un sistema a menudo afectan al otro.

SISTEMA AUDITIVO

El sistema auditivo se encarga del sentido del oído. El aparato de la audición se divide en oído externo, medio e interno (FIG. 7-1).

Parte	Descripción	Función
Externa	• Consiste en el pabellón auricular (oreja) y el conducto auditivo externo • Se extiende medialmente hasta la membrana timpánica, la cual vibra cuando la tocan las vibraciones del sonido	• Funciona como un embudo del sonido que proviene del mundo exterior hacia la membrana timpánica • Inervación sensitiva por los NC V, VII y X y el plexo cervical • Funciona en la localización del sonido
Media	Consiste en la membrana timpánica, los osículos (martillo, yunque y estribo), los músculos (tensor del tímpano y tensor del estribo) y la trompa auditiva	• Al moverse la membrana timpánica, vibran los osículos para transmitir las vibraciones hacia la ventana oval, que conduce al oído interno • Inervación sensitiva por el NC IX • Los músculos amortiguan el sonido; la trompa auditiva iguala la presión atmosférica
Interna	• Se compone de los órganos receptores dentro del conducto coclear del laberinto membranoso • Las vibraciones procedentes de la ventana oval estimulan las células ciliadas en el conducto coclear; parte del **órgano de Corti**	• La vibración de la base del estribo en la ventana oval causa la vibración de la membrana basilar, donde se asienta el órgano de Corti, compuesto de células receptoras llamadas *células ciliadas* (internas y externas) • Las células ciliadas transducen vibraciones en una señal neural, llevada centralmente por el NC VIII


Oído externo
Oído medio
Oído interno
Manubrio
Tendón estapedial
Estribo
Martillo
Tensor del tímpano
Yunque
Porción petrosa del hueso temporal
Cóclea
Pabellón auricular
Trompa auditiva
A
Conducto auditivo externo
Membrana timpánica
Ventana oval

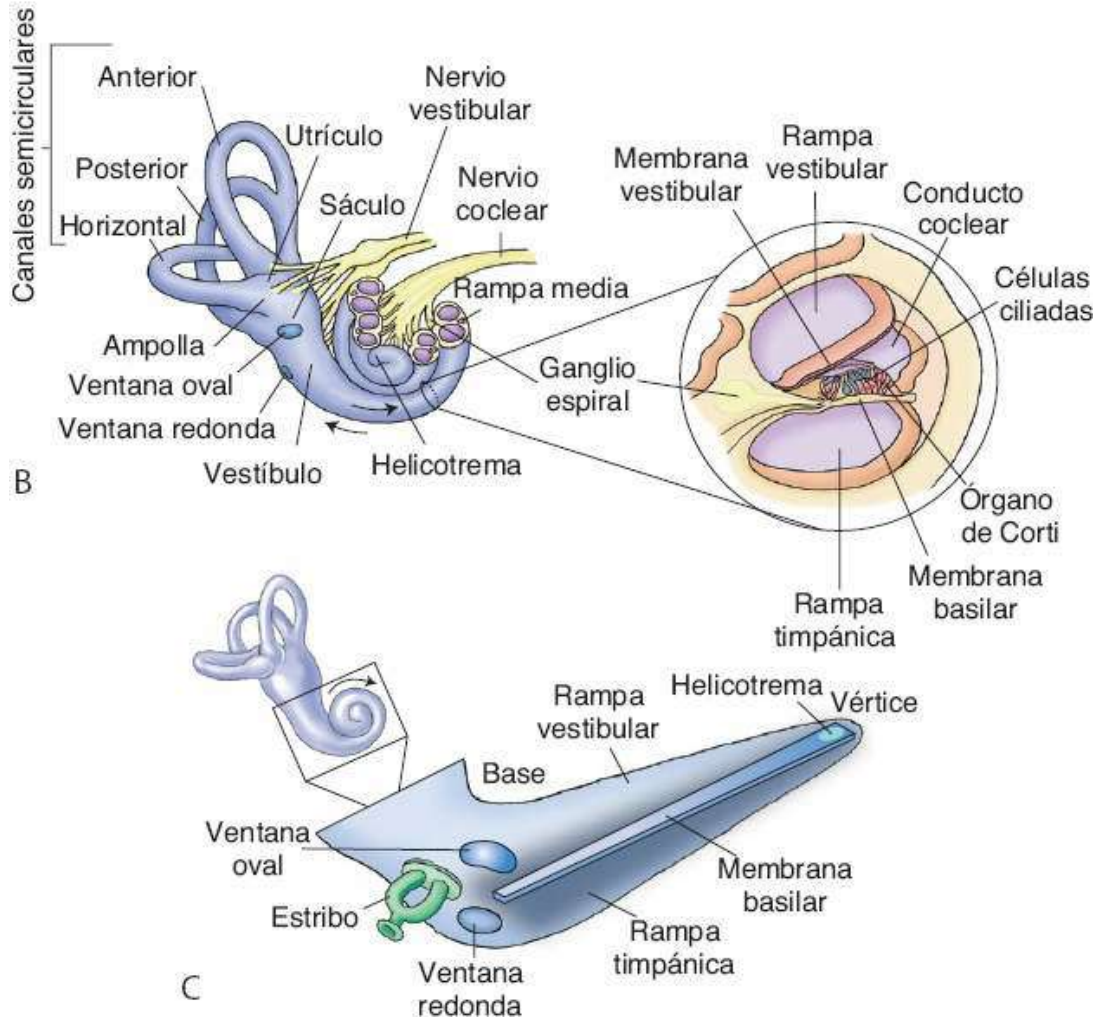

Canales semicirculares
Anterior
Posterior
Horizontal
Utrículo
Sáculo
Nervio vestibular
Nervio coclear
Ampolla
Ventana oval
Ventana redonda
Vestíbulo
Helicotrema
Rampa media
Ganglio espiral
B
Membrana vestibular
Rampa vestibular
Conducto coclear
Células ciliadas
Órgano de Corti
Membrana basilar
Rampa timpánica
Rampa vestibular
Helicotrema
Vértice
Base
Ventana oval
Membrana basilar
Estribo
Rampa timpánica
Ventana redonda
C

Figura 7-1. **A.** El aparato auditivo. **B.** El oído interno. **C.** La cóclea.

Conceptos complementarios

Tres características de los sonidos que percibimos:

1. Ubicación: una comparación del sistema nervioso central (SNC) mediada por el núcleo olivar superior.
2. Frecuencia: determinada por el sitio donde sea mayor la vibración a lo largo de la membrana basilar.
3. Amplitud: determinada por el número de células ciliares que son estimuladas y en consecuencia el número de fibras nerviosas aferentes que son activadas.

Relevancia clínica

Hipoacusia conductiva

La hipoacusia conductiva se produce cuando cualquier parte del oído medio o externo resulta dañada de manera que impida la transmisión de las vibraciones del sonido al oído interno.

Hipoacusia neurosensorial

La hipoacusia neurosensorial es producto del daño a la cóclea, el NC VIII o la vía auditiva central. Las hipoacusias se pueden explorar clínicamente con un diapasón realizando las maniobras de Weber y Rinne.

Vía auditiva

La vía auditiva comienza con las células ciliares del órgano de Corti y termina en la corteza auditiva primaria (Fig. 7-2).

Parte	Descripción	Función
Órgano de Corti	Las células ciliadas internas y externas son estimuladas por el movimiento de la endolinfa en el conducto coclear y el de la membrana basilar	La flexión de las células ciliadas causa la despolarización, lo que estimula a las aferentes de primer orden del NC VIII
Nervio vestibulococlear (NC VIII)	• Tiene fibras aferentes primarias del sistema auditivo • Cuerpos celulares en el **ganglio espiral** ubicado a lo largo del **modiolo** óseo	Transmite impulsos desde el conducto coclear del tallo cerebral o encefálico

Núcleos cocleares	• Situados en la médula oblonga y el puente • Reciben la señal del NC VIII • Divididos en un grupo dorsal y otro ventral	• El núcleo ventral se proyecta bilateralmente hacia el núcleo olivar superior y a través del lemnisco lateral al colículo inferior contralateral • Los núcleos dorsales se proyectan contralateralmente a los colículos inferiores vía la **estría acústica** • Las fibras que cruzan forman el cuerpo trapezoide
Núcleo olivar superior	• Situado en el puente • Transmite información bilateralmente a los colículos inferiores • Las fibras viajan en el lemnisco lateral	• Recibe la entrada (*input*) de los núcleos cocleares ventrales • Se proyecta bilateralmente • Implicado en la localización del sonido al hacer una comparación temporal de información proveniente de cada campo auditivo
Colículos inferiores	• Situados en el techo del mesencéfalo • Reciben la entrada proveniente de los núcleos cocleares dorsal y ventral	• Envían impulsos al núcleo geniculado medial del tálamo • Las fibras cruzan la línea media vía la comisura del colículo inferior; se proyectan al colículo superior para mediar los reflejos audiovisuales
Núcleo geniculado medial	Parte del tálamo	• Recibe proyecciones del colículo inferior • Se proyecta a la corteza auditiva vía la parte sublenticular de la cápsula interna, las radiaciones auditivas
Corteza auditiva primaria	• Situada a lo largo del giro temporal superior: áreas de Brodmann 41 y 42, conocida como el *giro transversal de Heschl* • Organización tonotópica: las frecuencias bajas en la parte más anterior y las altas en la más posterior	• Entradas del núcleo geniculado medial • Se proyecta hacia la corteza de asociación auditiva: el área 22 • Responsable de la discriminación de sonidos

Conceptos complementarios

Debido a que los núcleos cocleares se proyectan bilateralmente, para que haya hipoacusia en un oído, el problema debe ocurrir en los núcleos cocleares o en la cercanía (es decir, el órgano de Corti, el ganglio espiral o el NC VIII). El NC VIII en realidad son dos nervios en uno: un nervio coclear y un nervio vestibular.

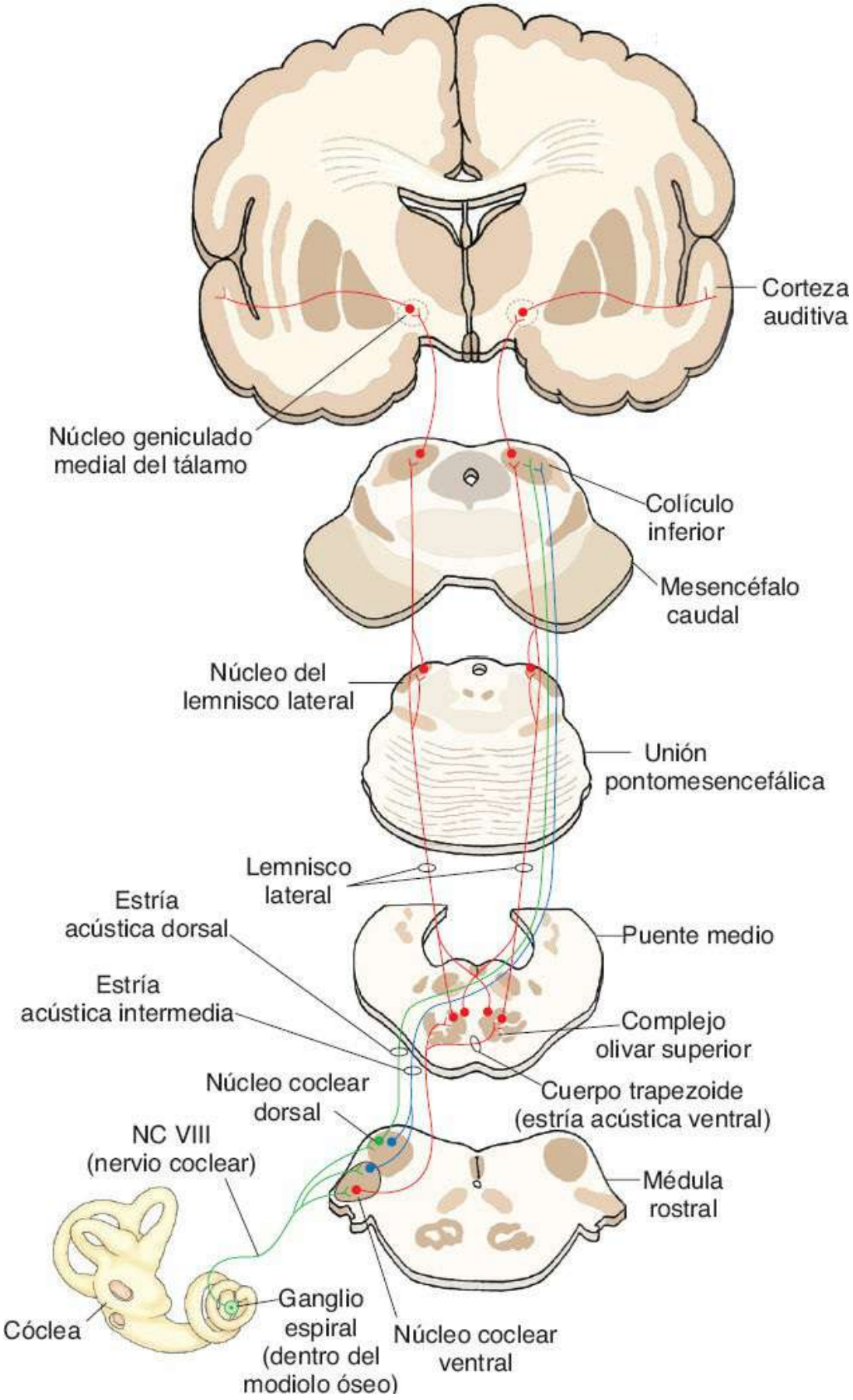

Corteza auditiva
Núcleo geniculado medial del tálamo
Colículo inferior
Mesencéfalo caudal
Núcleo del lemnisco lateral
Unión pontomesencefálica
Lemnisco lateral
Estría acústica dorsal
Puente medio
Estría acústica intermedia
Complejo olivar superior
Núcleo coclear dorsal
Cuerpo trapezoide (estría acústica ventral)
NC VIII (nervio coclear)
Médula rostral
Cóclea
Ganglio espiral (dentro del modiolo óseo)
Núcleo coclear ventral

Figura 7-2. Vía auditiva central.

SISTEMA VESTIBULAR

El sistema vestibular está implicado en el sentido del equilibrio. Los canales semicirculares están involucrados en la detección de movimientos angulares o cambiantes, mientras que los órganos maculares participan en la percepción de la posición estática (FIG. 7-3).

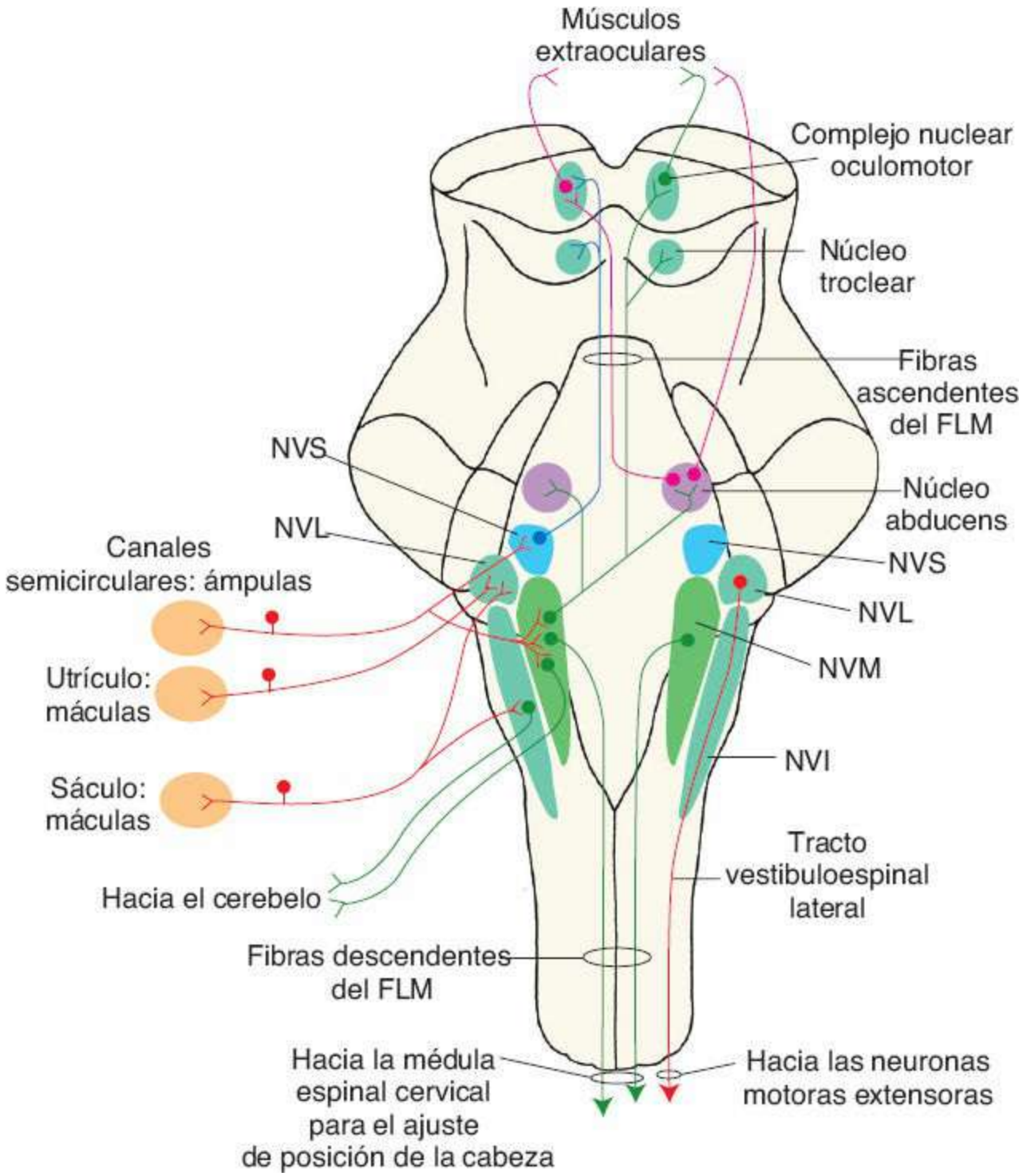


Figura 7-3. Vía vestibular central (NVS, núcleos vestibulares superiores; NVI, núcleos vestibulares inferiores; NVM, núcleo geniculado medial; NVL, núcleos vestibulares laterales; FLM, fascículo longitudinal medial.).

Parte	Descripción	Función
Canales semicirculares (CS)	• Con receptores para detectar la aceleración angular de la cabeza • La **cresta ósea** en los CS detecta el movimiento de la cabeza por la deformación de la endolinfa de las células ciliadas incrustadas en la **cúpula gelatinosa**	La deformación de los cilios de las células ciliares estimula los aferentes primarios del NC VIII, cuyos cuerpos celulares se encuentran en el ganglio vestibular (de Scarpa)
Órganos maculares: utrículo y sáculo	• Contienen receptores para la aceleración lineal; constantes • El sáculo responde al máximo con la cabeza en posición vertical • El utrículo responde al máximo con la cabeza en posición perpendicular al cuerpo • Detecta la posición mediante las máculas; contiene otolitos dentro de la membrana gelatinosa en la cual están incrustados los cilios de las células ciliares	• Los otolitos vuelven "pesada" la membrana gelatinosa, de manera que responde a la gravedad y no permite que la membrana restablezca su posición de reposo hasta que la cabeza sea reposicionada • La deformación de los cilios de las células ciliares estimula los aferentes primarios del NC VIII, cuyos cuerpos celulares se encuentran en el ganglio vestibular (de Scarpa)
Ganglio vestibular	Contiene cuerpos celulares aferentes primarios del NC VIII	• Se proyecta centralmente hacia los núcleos vestibulares del tallo encefálico • Se proyecta al cerebelo a través del cuerpo yuxtarrestiforme
Núcleos vestibulares	• Situados en el puente y la médula rostral en el nivel del 4.° ventrículo • Reciben la señal del NC VIII, del cerebelo y de los núcleos vestibulares contralaterales • Emiten señales hacia los núcleos oculomotor, abducens y troclear a través del **fascículo longitudinal medial** • Divididos en grupos nucleares superiores, inferiores, mediales y laterales	• Las fibras a los núcleos de los NC III, IV y VI coordinan el movimiento de la cabeza y de los ojos, y median el reflejo vestibuloocular • Las fibras hacen sinapsis a nivel de las cervicales de la médula espinal a través del tracto vestibuloespinal medial para controlar la musculatura de la cabeza y del cuello • Las fibras descienden por toda la médula espinal por el tracto vestibuloespinal lateral para controlar el tono extensor y el equilibrio • Se proyectan al cerebelo, los núcleos vestibulares contralaterales, los núcleos olivares inferiores y el tálamo (ventral posterior inferior y ventral posterior lateral); se proyectan a la corteza vestibular primaria (área 2) y al lóbulo parietal

Conceptos complementarios

El reflejo vestibuloocular (FIG. 7-4) vincula el movimiento del ojo y del sistema vestibular para mantener los objetos de interés en el centro de la retina a manera de reflejo durante el movimiento de la cabeza. Los ojos se mueven lentamente frente a la dirección del movimiento de la cabeza, manteniendo así el objeto de interés centrado en la fóvea central.

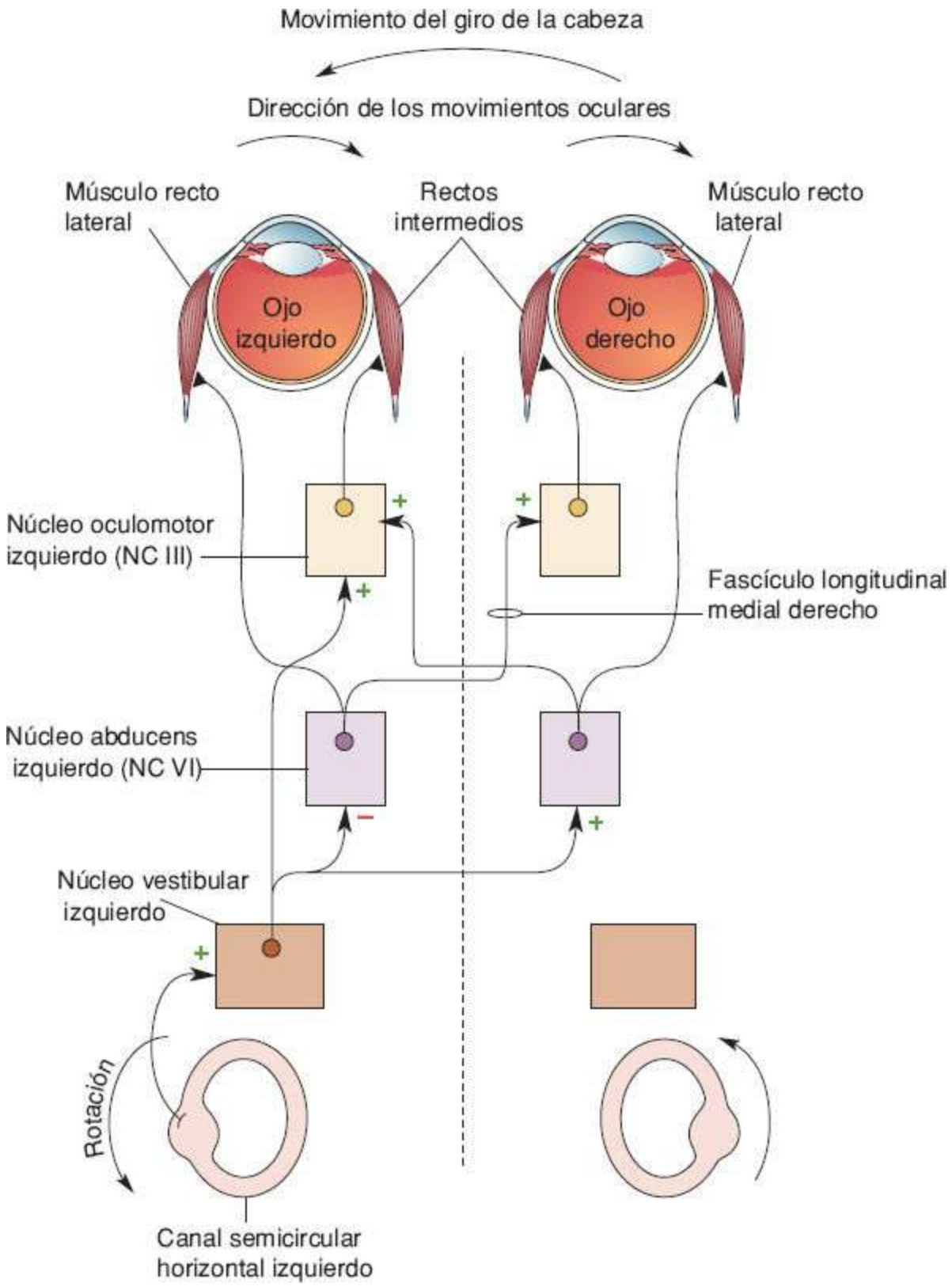


Figura 7-4. Reflejo vestibuloocular.

Corteza cerebral 8

ESTRUCTURAS Y RELACIONES

La corteza cerebral está compuesta por sustancia gris. Se pliega (dobla) para formar circunvoluciones y surcos, que permiten aumentar su superficie. La corteza cerebral puede clasificarse con base en el número de capas que posee: la isocorteza o neocorteza, de seis capas, constituye la mayor parte de la corteza cerebral humana, mientras que la alocorteza, más primitiva, tiene menos capas. La alocorteza se divide en la arquicorteza del hipocampo y el giro dentado, que cuenta sólo con tres capas, y la paleocorteza de 3 a 5 capas que sirve como corteza transicional entre la neocorteza y la arquicorteza.

1. Molecular
2. Granular externa
3. Piramidal externa
4. Granular interna
5. Piramidal interna
6. Multiforme

Las neuronas se conectan verticalmente en varias capas formando pequeños microcircuitos relacionados funcionalmente, llamados *columnas*.

Áreas de Brodmann

Brodmann dividió la corteza en 52 zonas con base en su citoarquitectura; las áreas todavía se utilizan hoy en día porque corresponden aproximadamente a las áreas funcionales (FIG. 8-1)

Regiones de la corteza

La corteza cerebral cumple tareas complejas por tener zonas asociativas: áreas de la corteza cerebral responsables de las funciones de relación, integración y procesamiento

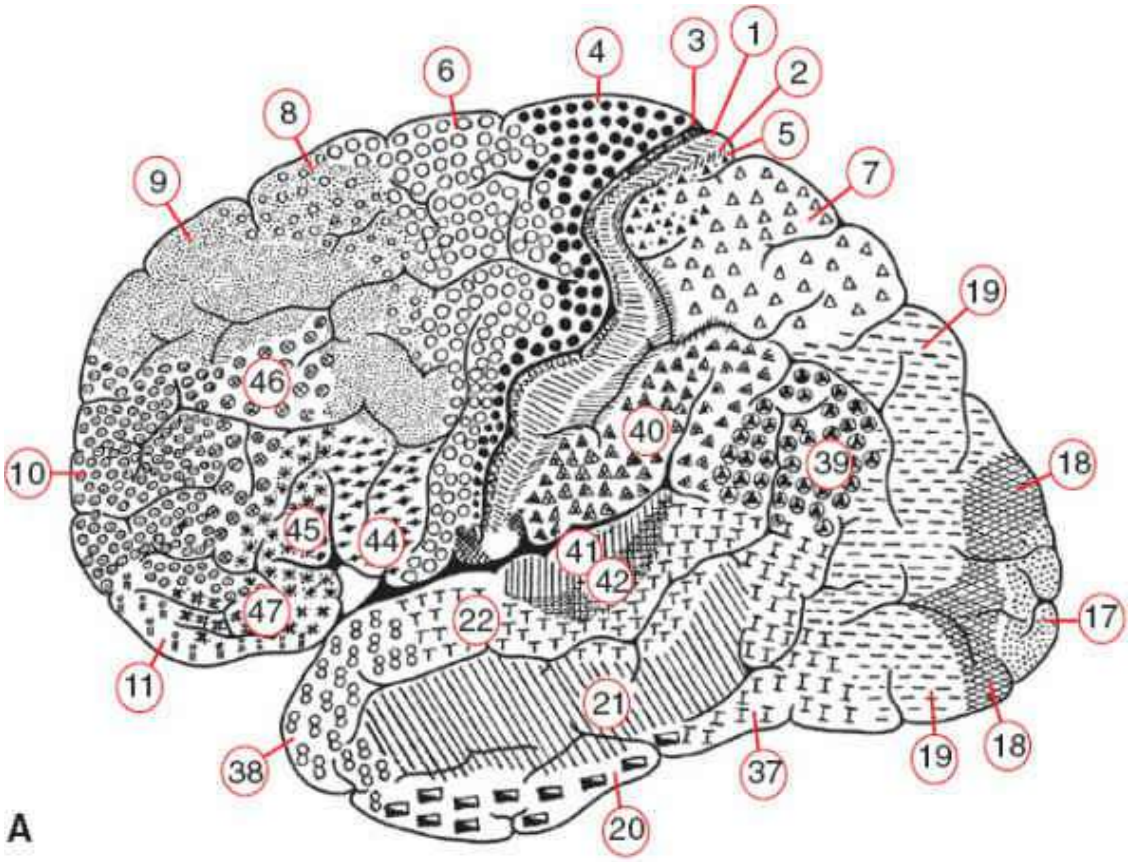
superior. Estas áreas pueden ser clasificadas como unimodales (que tratan con una función específica) o multimodales (áreas responsables de integrar una o varias modalidades para el proceso de pensamiento superior). Ejemplos de las áreas unimodales son la visual, auditiva, gran parte de la corteza de asociación (es decir, la asociación visual), la corteza premotora y la corteza complementaria. Ejemplos de las áreas multimodales son las cortezas prefrontal, parietal y temporal.

Las áreas de asociación trabajan para producir significado, calidad y textura para las áreas primarias con las que están asociadas.

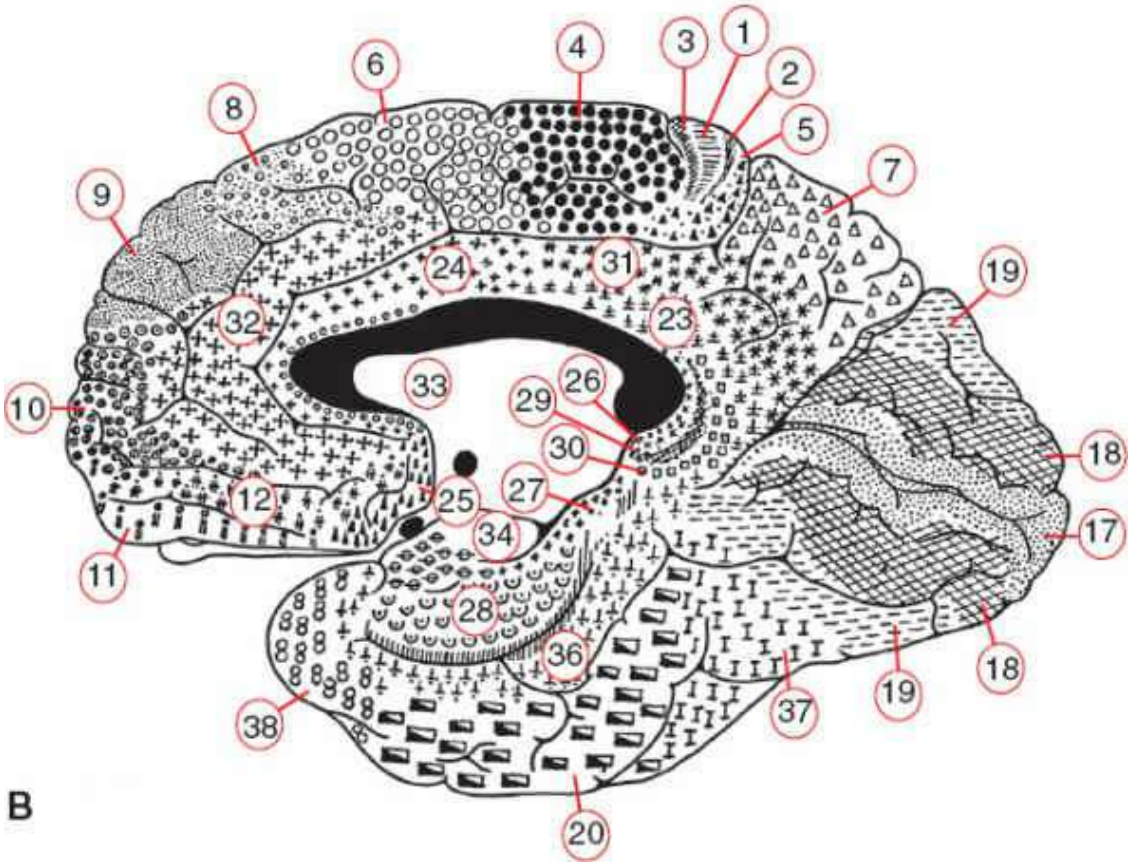
Área	Descripción
Sensitiva	• Somatosensitiva primaria (3, 1 y 2): giro postcentral; organizada somatotópicamente como homúnculo sensitivo; participa principalmente en la localización de la sensación • Corteza de asociación somatosensitiva (5 y 7): lobulillo parietal superior; implicada en añadir "significado" a la sensación (p. ej., áspero o liso, pesado o ligero) • Giro supramarginal (40): integra la sensación visual, auditiva y somatosensitiva • Corteza visual primaria (17): lóbulo occipital; visión • Corteza de asociación visual (18, 19 y 39): giro angular, cuña y língula; implicada en añadir "significado" a los estímulos visuales • Corteza auditiva primaria (41 y 42): giro temporal superior; audición • Corteza de asociación auditiva (22): giro temporal superior; comprensión del lenguaje • Corteza gustativa (43): opérculo parietal y corteza parainsular; gusto • Corteza vestibular (2): giro postcentral; equilibrio
Motora	• Corteza motora primaria (4): giro precentral; inicia el movimiento voluntario • Corteza premotora (6): giro anterior al precentral en el lóbulo frontal; prepara la corteza motora primaria para la actividad • Corteza motora complementaria (6): lóbulo frontal anterior al giro precentral; contiene el programa del movimiento motor voluntario. Inicia la vía de planeación del movimiento fino al cerebelo (vía córtico-ponto-dento-rubro-tálamo-cortical) • Campo de visión frontal (8): giro medio frontal; movimiento ocular
Función superior	• Corteza prefrontal (9, 10, 11 y 12): lóbulo frontal; personalidad, motivación, planificación a futuro, reflejos primitivos • Área de Broca del lenguaje (44 y 45): giro frontal inferior; aspectos motores del habla • Área de Wernicke del lenguaje (22): giro temporal superior; comprensión del lenguaje

Conceptos complementarios

Dominancia hemisférica se refiere a la parte del encéfalo donde se encuentran los centros del habla. En la mayoría de las personas se trata del hemisferio izquierdo.


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
17
18
19
20
21
22
37
38
39
40
41
42
44
45
46
47

A


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
17
18
19
20
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
36
37
38

B

Figura 8-1. Áreas de Brodmann.

ÍNDICE ALFABÉTICO DE MATERIAS

Nota: Los números de página seguidos de una letra *f* indican una figura.

A

Acetilcolina, 49, 72
Acueducto cerebral, 15, 45
Afasia de conducción, 6
Ageusia, 90
Agujero magno, 15
Agujeros interventriculares, 45
Amígdala, 83, 85, 86
Anencefalia, 26
Anosmia, 89
Anterógrado, 36
Área
    de Broca, 3
    de Brodmann, 107, 109f
    de Wernicke, 4
    septal, 82, 85
Asa de Meyer, 95
Astrocitos, 33, 35f
Axones, 36

B

Balismo, 70
Bastones, 92
Bulbo raquídeo. *Véase* Médula oblongada
Bulbos olfatorios, 31f

C

Campos frontales del ojo, 97
Canales semicirculares, 104, 104f, 105
Capa meníngea, 40
Capa perióstica, 40
Cápsula interna, 8, 53, 66
Célula,
    amacrina, 92, 94f
    basal, 88

bipolar, 92, 94f
del borde dural, 38, 42
del borde espinal, 56
de Schwann, 33, 35f
de soporte, 88
en penacho, 88
ependimaria, 31, 33, 35f
ganglionar, 93, 94f
horizontal, 93, 94f
mitral, 88
receptora, 88
receptora olfatoria, 89
Células, del sistema nervioso, 32-32, 34f, 35f
Cerebelo, 16, 54, 74-79
circuitos, 79
corteza, 75-77, 76f
funcional, 77-7
vista lateral, 17f
lesiones, 79
morfología, 74
pedúnculos, 74, 75f
Circuito de Papez, 84, 84f
Círculo arterial cerebral, 46, 46f
Cisterna lumbar, 23, 42, 43, 43f
Cisterna magna, 38
Cisternas subaracnoideas, 38
Cola de caballo, 23, 24f
Colículo inferior, 15, 16f, 54, 67, 102, 103f
Colículo superior, 15, 16f, 54, 67, 93, 97
Columna celular intermediolateral, 71
Comisura blanca anterior, 53
Comisural, 7
Confluencia de los senos, 40
Cono medular, 23, 24f
Conos, 92
Control motor descendente, 65f
Cordón anterior, 51
Cordón lateral, 51
Corona radiada, 6
Corpúsculo
de Meissner, 18, 18f, 59, 60f
de Ruffini, 18, 18f
de Pacini, 18, 18f, 59, 60f
Corteza
auditiva primaria, 102
cerebral, 107-108, 109f
áreas de Brodmann, 107, 109f
regiones de la corteza, 107, 108

áreas multimodales, 107
áreas unimodales, 107
de asociación visual, 97
entorrinal, 83, 89
occipitotemporal, 97
parietooccipital, 97
prepiriforme, 89
somatosensitiva primaria, 54, 55f
visual primaria, 96
Cresta nerviosa, 26
migración de células de la, 26-27, 27f-28f
relevancia clínica de, 28
Cuerpo calloso, 2, 82
Cuerpo estriado, 8
Cuerpo restiforme, 74
Cuerpo yuxtarrestiforme, 74

D

Decusación sensitiva, 60f
Decusación piramidal, 15, 66
Déficit visual, 96
Dermatoma, 22
Desarrollo, sistema nervioso, 23, 25, 25f-26f
Desinhibición, 8
Diencéfalo, 10, 11
corte frontal, 10f
corte transversal, 5f
Disautonomía, 74
Disco de Merkel, 17, 18f
Disco óptico, 91

E

Émbolo, 48
Encéfalo, 2
anterior ventral, 82
cerebelo, 16, 17f
diencéfalo, 5f, 10-14, 10f
imágenes de resonancia magnética, 51f
irrigación sanguínea del, 45-46, 46f
hemisferios cerebrales, 2-3, 4f
meninges y espacios en su entorno, 42-43, 39f
red de fibras asociadas con, 6
tallo encefálico, 14-15, 15f-17f
Endoneuro, 36
Enfermedad
de Alzheimer, 86
de Huntington, 70
de Parkinson, 72

Epineuro, 36
Espacio epidural
    cerebro, 37
    espinal, 42, 43
    médula espinal, 42
Espacio perivascular, 38
Espacio subaracnoideo, 38
Espacio subdural, 38
Espina bífida, 26
Espinas dendríticas, 36
Estría olfatoria intermedia, 88
Estría olfatoria lateral, 88
Estriado, 8
Etmoides, 88

F

Fascículo, 36
    arcuato, 6
    cuneiforme, 59, 60f
    grácil, 59, 60f
    talámico, 8
Fibras
    arcuatas internas, 59, 60f
    cerebelovestibulares, 74
    musgosas, 56, 77
    nerviosas, 19
    parasimpáticas posganglionares, 72
    pontocerebelosas, 74
    trepadoras, 77
    vestibulocerebelosas, 74
Fisura
    lateral, 3
    longitudinal, 2
    posterolateral, 16
    primaria, 16
Flexura cefálica, 1
Formación reticular, 53
Fórnix (columna), 13f
Fosa craneal
    anterior, 3
    media, 4
    posterior, 4
Fotorreceptores, 91, 92
Fóvea central, 91

G

Ganglio
    basal. *Véase* núcleos basales

ciliar, 71
espiral, 101
geniculado, 90
nodular, 90
ótico, 72
paravertebral, 71
petroso, 90
prevertebral, 71
pterigopalatino, 72
semilunar o gasseriano, 63
submandibular, 72
vestibular, 105
Giro
cingular, 83
dentado, 82
parahipocampal, 83
Giros y surcos, 4f
Glándula pineal, 11
Glía, 32, 35f
Glomo, 45
Glutamato, 49
Gran vena cerebral, 40
Gusto, 89-90

H

Habénula, 11
Hemisferios cerebrales, 2, 4f
lóbulo frontal, 2
lóbulo límbico, 3
lóbulo occipital, 3
lóbulo parietal, 3
lóbulo temporal, 3
Hidrocefalia, 31
Hipoacusia conductiva, 101
Hipoacusia neurosensorial, 101
Hipocampo, 86
Hipotálamo, 10, 13-14
centros funcionales en el, 14
funciones del, 13
núcleos hipotálamicos, 13f
regiones/zonas, 13-14
Homúnculo, 54, 55f, 66, 67f
motor, 67f
Hoz del cerebro, 2
Husos musculares, 56

I

Incisura del tentorio, 40

Inervación cutánea, patrón de, 22

L

Lagunas laterales, 40
Lámina terminal, 25
Lámina cribosa, 88
Lemnisco medial (medio), 59, 60f
Leptomeninges, 38, 42
Lesiones
    arquicerebelosas, 79
    del lóbulo floculonodular, 79
    neocerebelosas, 79
    paleocerebelosas, 79
Ligamentos dentados, 42
Líquido cefalorraquídeo (LCR), 43, 44f, 45

M

Mácula lútea, 91
Mecanismos descendentes de control
    del dolor, 54
Médula espinal, 23, 24f
    desarrollo de, 31, 31f
    intumescencia cervical, 23, 24f
    intumescencia lumbar, 23, 24f
    meninges y espacios alrededor, 42, 43f
    venas de, 47f, 48
    vasos de, 48
Médula oblongada, 15f
Membrana orofaríngea, 25
Meninges
    cerebro, 37, 39f
    aracnoides, 38
    duramadre, 38
    inflamación de, 40
    piamadre, 38
Meningitis, 40
Mesencéfalo, 15, 15f
    sagital, 4f
Microglía, 33, 35f
Mielina, 35
Mnemotecnia
    nervios craneales, 22-23
    sistema visual, 96
Modiolo, 101
Motoneurona inferior (MNI), 65
Motoneurona superior (MNS), 65
Movimiento, 48
    lentos de búsqueda o seguimiento, 97

sacádicos, 97

N

Neoestriado, 7, 8
Nervio
abducens, 15
del trigémino, 15
esplácnico sacro, 71
facial, 15
glosofaríngeo, 15
hipogloso, 15
lumbar, 71
olfatorio, 88
óptico, 91, 93, 94f, 95, 96
torácico, 71
troclear, 15
vago, 15
vestibulococlear, 15, 99, 101, 102
Nervios
craneales, 19-20, 21f
mnemotecnia para, 22-23
raquídeos, 20-22
esplácnicos pélvicos, 72
oculomotor accesorio, 71
periféricos, 19-20, 21f
Neurona, 32-33
bipolar, 32, 34f
multipolar, 32, 34f
partes de, 36, 37f
seudounipolar, 33, 34f
Neuroporo caudal, 25, 26
Neuroporo craneal, 25, 26
Neurotransmisores, 49
Nistagmo, 97
Nodo primitivo, 25
Nodos de Ranvier, 35
Notocorda, 25
Núcleo
cuneiforme accesorio, 56
dorsal (de Clarke), 57
espinal del trigémino, 61f, 62
geniculado medial, 102
geniculado lateral, 95
gustativo, 90
lenticular, 7, 8
mesencefálico, 61f, 63
motor del trigémino, 63
motor dorsal del nervio vago, 72

olfatorio anterior, 88
olivar superior, 102
parabraquial, 90
propio, 53
rojo, 78, 79
sensorial principal, 61f, 62
solitario, 90
torácico posterior, 56
ventral posteromedial (NVP), 90
Núcleos basales, 7, 69-70, 70f
vías directas e indirectas, 9f
rutas de fibras asociadas con, 8
terminología asociada con, 8
Núcleos cocleares, 16f, 102
Núcleos vestibulares, 16f, 105

O

Ojo, 91, 94f. *Véase también* Retina
Olfato, 87-89, 87f-88f
Oligodendrocitos, 33, 35f
Olor. *Véase* Olfato
Órgano de Corti, 101
Órganos tendinosos de Golgi, 56
Órganos maculares, 105

P

Pálido, 8
Papiledema, 96
Pared del tubo neural, 31
Pedúnculo cerebeloso inferior, 56
Pedúnculo cerebeloso superior, 56, 57f
Pedúnculos cerebrales, 6, 15, 16f
Perineuro, 36
Pirámides, 15
Placa neural, 23
Placoda olfatoria, 31
Placoda ótica, 31
Plexo, 22
aórtico, 71
braquial, 22, 23
cervical, 22
coroideo, 33
sacrolumbar, 22, 23
venoso vertebral interno, 42
Porción compacta de la sustancia negra, 8
Potenciación a largo plazo, 85, 85f
Predominio hemisférico, 108
Procesamiento visual, 97

Puente, 15, 15f

Q

Quiasma óptico, 95

R

Radiaciones auditivas, 6
Radiaciones ópticas, 6, 95
Ramo anterior, nervio raquídeo, 22
Ramo posterior, nervio raquídeo, 22
Ramos comunicantes blancos, 71
Receptor del folículo piloso, 18f
Receptores periféricos, 17-18, 18f
Redes de fibras de sustancia blanca, 7
Reflejo vestibuloocular, 106, 106f
Retina, 91-93, 94f
Retrógrado, 36
Rutas de la columna posterior, 59, 60f

S

Sabor. *Véase* Gusto
Saco dural, 23, 32, 42
Sáculo, 105
Salival superior, 72
Salival inferior, 72
Seno
    cavernoso, 41-42
    dural, 40
    petroso inferior, 41
    petroso superior, 41
    recto, 40
    sagital superior, 38
    sigmoideo, 40
Sentidos químicos, 87
    gusto, 89-90
    olfato, 87-89
Sinapsis, 49
Síndrome de Klüver-Bucy, 86
Síndrome de Korsakoff, 86
Sistema anterolateral, 51-54
Sistema auditivo, 99-103
    vía auditiva, 101-102, 103f
    estructura del oído, 99, 100f
    sonidos, características de, 101
Sistema extrapiramidal, 67-70, 68f
Sistema límbico, 81-86
    flujo de información a y desde, 81f
Sistema motor

sistema nervioso autónomo, 71-74, 73f
cerebelo, 74-79, 75f, 76f
sistema extrapiramidal, 67-70, 68f, 70f
sistema piramidal, 65-67, 65f, 67f
Sistema nervioso autónomo (SNA), 71-74, 73f
división parasimpática, 71-72
división simpática, 71
Sistema nervioso central (SNC), 2, 65
cerebro, 2 (*véase también* Encéfalo)
desarrollo de, 27f-28f
neurotransmisores, 49
médula espinal, 2, 23, 24f
Sistema nervioso periférico (SNP), 17
Sistema piramidal, 65-67
Sistema sensitivo del trigémino, 59, 61-6, 61f
Sistema somatosensensitivo, 51
cuerpo, 51-59
cabeza, 59-3
cadena de tres neuronas, 51
Sistema vestibular, 104-106, 104f
Sistema visual, 91
vías, 93, 95-96
estructuras, 91-93
Somatosensación, tipos de, 51
Surco central, 3
Surco hipotálamico, 10
Surco limitante, 32
Sustancia de Nissl (RER), 36, 37f
Sustancia gelatinosa, 53

T

Tabiques durales, 38, 40
Tálamo, 10, 11, 12f, 16f
Tallo cerebral. *Véase* Tallo encefálico
Tallo encefálico, 14-15
vista anterior, 15f
vista lateral, 17f
vista posterior, 16f
Techo (tectum), 15
Teoría de la puerta de control del dolor, 54
Terminación nerviosa libre, 17, 18f
Términos de orientación, 1, 1f
Trabéculas aracnoideas, 38, 42
Tracto
cuneocerebeloso, 58f, 74
dentorrubrotalámico, 74
espinal del trigémino, 61f, 62
espinocerebeloso anterior, 56, 57f, 74

espinocerebeloso posterior, 56, 58f, 74
espinotalámico lateral, 52f
olfatorio, 88
olivocerebeloso, 74
óptico, 95
posterolateral, 53
tegmental central, 90
trigeminocerebeloso, 74
trigeminotalámico anterior, 62
trigeminotalámico posterior, 62
Tractos cerebelosos, para el cuerpo, 54, 56-57, 57f, 58f
Tractos o haces de asociación, 7
Trígono del ventrículo lateral, 45
Trígono hipogloso, 16f
Tronco simpático, 71
Tubo neural, 28-29
derivados de las vesículas, 30f
vesículas primarias del cerebro, 29f
vesículas secundarias del cerebro, 30f

U

Utrículo, 105

V

Vellosidades aracnoideas, 38
Vena yugular interna, 40
Ventrículos, 43-44
Vía indirecta, 7, 9f

Z

Zona intermedia medial, 66

Índice

Titlepage	2
Copyright	4
Dedication	6
Prefacio	9
Agradecimientos	12
Contenido	15
CAPÍTULO 1 Generalidades del sistema nervioso	18
CAPÍTULO 2 El sistema sensitivo	89
CAPÍTULO 3 Sistema motor	109
CAPÍTULO 4 Sistema límbico	132
CAPÍTULO 5 Sentidos químicos	140
CAPÍTULO 6 Sistema visual	147
CAPÍTULO 7 Sistemas auditivo y vestibular	161
CAPÍTULO 8 Corteza cerebral	175
Índice alfabético de materias	183